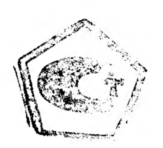
Е7-11



ИЗМЕРИТЕЛЬ L, C, R УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1980

ИЗМЕРИТЕЛЬ L, C, R УНИВЕРСАЛЬНЫЙ Е7-11

Утвержден:

ЕЭ2.724.010 ТО—ЛУ
от 4.06.79 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1980

1. НАЗНАЧЕНИЕ

1.1. Измеритель *L*, *C*, *R* универсальный Е7-11 предназначен для измерения индуктивности, емкости, сопротивления, тангенса угла потерь и добротности различных радиодеталей и элементов радиоцепей.

Внешний вид измерителя Е7-11 показан на рис. 1.

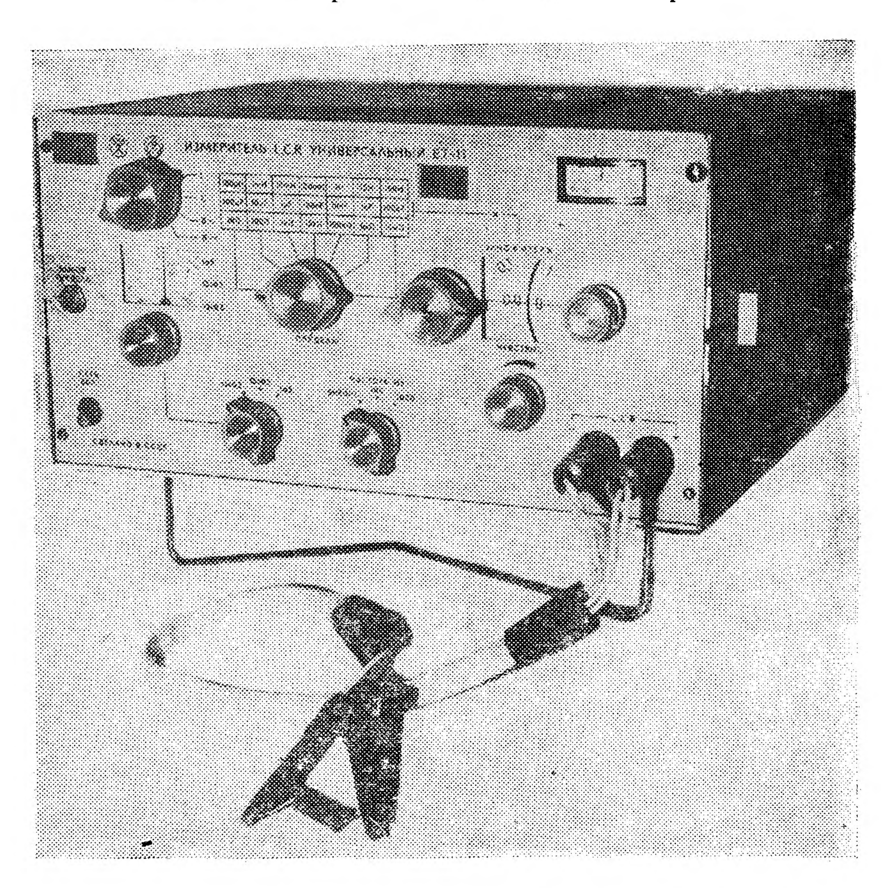


Рис. 1.

1.2. Рабочие условия эксплуатации:

температура окружающей среды от 278 до 313 К (от +5 до +40° С);

относительная влажность воздуха до 90% при температуре до 303 К (30° С);

атмосферное давление (60—106) кПа (460—800) мм рт. ст.;

напряжение сети 220±22 В, частотой 50±0,5 Гц и 220±11 В, частотой 400±12 Гц;

напряженность внешнего электромагнитного поля не более величины, при которой напряжение, наводимое на измеряемый объект, достигает 10 мВ (только для режима измерения сопротивлений на постоянном токе).

1.3. Измеритель может быть применен при разработке, ремонте и эксплуатации радиотехнических устройств.

1.4. Измеритель L, C, R удовлетворяет требованиям ГОСТ 22261—76, в части метрологических характеристик, ГОСТ 9486—79 и нормалей НО.005.026 — НО.005.030, а по условиям эксплуатации приборов относится к 5-й группе нормали НО.005.026.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Нормальные частоты прибора 100, 1000 Гц и постоянный ток. Погрешность установки частоты ±1%.

2.2. Диапазон измерений прибора соответствует данным табл. 1 и перекрывается семью поддиапазонами с пределами, указанными в табл. 2.

2.3. Основные погрешности измерений на соответствующих поддиапазонах не превышают значений, указанных в табл. 3.

2.4. Дополнительные погрешности, измерения в интервале рабочих температур не превышают половины основной погрешности на каждые 10° С изменения температуры.

2.5. Дополнительная погрешность измерения тангенса угла потерь и добротность в условиях повышенной влажности не превышает основной погрешности их измерения.

2.6. Прибор обеспечивает измерение индуктивностей в пределах от 10 мкГ до 10 мГ в диапазоне частот 100 Гц—5 кГц при питании моста от внешнего генератора и напряжении сети 220±22 В, частотой 50±0,5 Гц.

При этом основная погрешность измерения индуктивности не превышает $\pm(2+\frac{40}{L}+\frac{1}{Q})\%$, а дополнительная погрешность не превышает $\pm(1+\frac{20}{L}+\frac{0,5}{Q})\%$ на каждые 10° С отклонения температуры от нормальной.

Таблица 1

Нормальная частота	Сопротивление, R	Емкость и тангенс угла потерь, емкость и добротность			Индуктивность и тангенс угла потерь, индуктивность и добротность		
		C	tg δ	Q	L	tg δ	Q
Постоянный ток	0,1 Ом — 10 МОм						
100 Гц	0,1 Ом — 10 МОм	100 пФ — 1000 мкФ	0,005—0,1		10 мкГ — 1000 Г	0,005—0,1	
		100 пФ — 1000 мкФ		0,1—30	10 мкГ — 1000 Г		0,1—30
1000 Гц	0,1 Ом — 1 МОм	0,5 пФ — 100 мкФ	0,005—0,1		0,3 мкГ — 100 Г	0,005—0,1	
		0,5 пФ — 100 мкФ		0,1—30	0,3 мкГ — 100 Г		0,1—30

Примечание. В условиях повышенной влажности диапазон измерения сопротивления на постоянном токе 0,1 Ом — 100 кОм.

Таблица 2

Поддиапазон	Сопротивление. Нормальная частота, Гц: 0; 100; 1000	Емкость. Нормальная частота, Гц: 100	Емкость. Нормальная частота, Гц: 1000	Индуктивность. Нормальная частота, Гц: 100	Индуктивность. Нормальная частота, Гц: 1000
1	0,1—10 Ом	100—1000 мкФ	10—100 мкФ	100—1000 мкГ	0,3—100 мкГ
2	10—100 Ом	10—100 мкФ	1—10 мкФ	1—10 мГ	100—1000 мкГ
3	100—1000 Ом	1—10 мкФ	100—1000 нФ	10—100 мГ	1—10 мГ
4	1—10 кОм	100—1000 нФ	10—100 нФ	100—1000 мГ	10—100 мГ
5	10—100 кОм	10—100 нФ	1—10 нФ	1—10 Г	100—1000 мГ
6	100—1000 кОм	1—10 нФ	100—1000 пФ	10—100 Г	1—10 Г
7	1—10 МОм (только для 0 и 100 Гц)	100—1000 пФ	0,5—100 пФ	100—1000 Г	10—100 Г

Таблица 3

Измеряемая величина	Пределы измерения	Номер поддиапазона: 0	Номер поддиапазона: 100 Гц	Номер поддиапазона: 100 Гц	Основная погрешность
Емкость при $Q \geqslant 1$ или при $\operatorname{tg}\delta \leqslant 0{,}1$	0,5—1000 пФ;	—	7	6—7	$\pm(1+\frac{20}{C})$ %
	1000 пФ—10 мкФ;	—	3—6	2—5	±1%
	10—1000 мкФ	—	1—2	1	±2%
Емкость при $Q<1$	0,5—1000 пФ;	—	7	6—7	$\pm(1+\frac{20}{C}+\frac{1}{Q})$ %
	1000 пФ—10 мкФ;	—	3—6	2—5	$\pm(1+\frac{1}{Q})$ %
	10—1000 мкФ	—	1—2	1	$\pm(2+\frac{1}{Q})$ %
Индуктивность при $Q \geqslant 1$ или при $\operatorname{tg}\delta \leqslant 0{,}1$	0,3—100 мкГ;	—	1	1	$\pm(2+\frac{10}{L})$ %
	100 мкГ—10 Г;	—	1—5	2—6	±1%
	10—1000 Г	—	6—7	7	±2%
Индуктивность при $Q<1$	0,3—100 мкГ;	—	—	1	$\pm(2+\frac{10}{L}+\frac{1}{Q})$%
	100 мкГ—10 Г;	—	1—5	2—6	$\pm(1+\frac{1}{Q})$%
	10—1000 Г	—	6—7	7	$\pm(2+\frac{1}{Q})$%
Сопротивление	0,1—10 Ом;	1	1	1	$\pm(2+\frac{2}{R})$%
	10 Ом—1 МОм;	2—6	2—5	2—6	$\pm(1+\frac{2}{R})$%
	1—10 МОм	7	7	—	$\pm(2+\frac{2}{R})$%
Добротность	0,1—30	—	1—7	1—7	$\pm(10+0{,}5\,Q)$ %;
Тангенс угла потерь	0,005—0,1	—	1—7	1—7	$\pm(0{,}1\operatorname{tg}\delta+5\cdot10^{-3})$

Примечания: 1. Погрешности измерения емкости, индуктивности, сопротивления гарантируются при условии исключения начальных параметров мостовой схемы прибора.

2. Погрешности измерения тангенса угла потерь и добротности гарантируются:

на частоте 100 Гц для емкости свыше 100 пФ, для индуктивности свыше 100 мкГ;

на частоте 1000 Гц для емкости свыше 10 пФ, для индуктивности свыше 10 мкГ.

3. Погрешности измерения емкости, индуктивности и сопротивления гарантируются только при отсчете результата измерения на шкалах «МНОЖИТЕЛЬ» больше или равном 0,100. Погрешности измерений емкости от 0,5 до 10 пФ, индуктивности от 0,3 до 10 мкГ, сопротивления от 0,1 до 1 Ом гарантируются при значении «МНОЖИТЕЛЬ» и меньше 0,100.

4. В формулах основной погрешности, приведенных в таблице 3, числовые значения измеряемых сопротивлений в Ом, емкостей в пФ, индуктивностей - в мкГ.

2.7. Чувствительность индикатора баланса обеспечивает индикацию отклонения моста от баланса на величину, равную половине основной погрешности измерения (конец стрелки индикатора отклоняется не менее, чем на половину деления шкалы).

2.8. Начальные параметры мостовой схемы прибора не превышают: 0,5 пФ; 0,5 мкГ; 0,5 Ом.

2.9. В приборе обеспечивается возможность подачи на измеряемый объект поляризующего напряжения до 30 В и тока подмагничивания до 30 мА от нешнего источника.

2.10. Прибор обеспечивает свои технические характеристики после времени установления рабочего режима, равного 15 мин.

2.11. Питание измерителя осуществляется от сети переменного тока напряжением 220±22 В, частотой 50±0,5 Гц и содержанием гармоник до 5% или напряжением 220±11 В, частотой 400±12 Гц и содержанием гармоник до 5%.

2.12. Мощность, потребляемая измерителем от сети при номинальном напряжении, не превышает 10 ВА.

2.13. Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение 8 ч.

2.14. Наработка на отказ измерителя 4000 ч.

Срок службы — 10 лет.

Срок хранения 10 и 5 лет в условиях, оговоренных в разделе 13.

Технический ресурс — 10000 ч.

2.15. Габаритные размеры измерителя 342×173×332.

2.16. Масса измерителя — 9 кг.

3. СОСТАВ ИЗМЕРИТЕЛЯ

3.1. Состав измерителя приведен в табл. 4.

Таблица 4

Наименование	Обозначение	Количество, шт.	Примечание
1. Измеритель *L*, *C*, *R* универсальный Е7-11	ЕЭ2.724.010	1	
2. Кабель соединительный	ЕЭ4.853.601	1	Для подсоединения объектов с двухзажимной конструкцией выводов №________
3. Кабель соединительный	ЕЭ4.853.426	2	Для подсоединения объектов с четырехзажимной конструкцией выводов
4. Комплект запасных частей:			
лампа МН6,3-0,3	ГОСТ 2204—74	2	
вставка плавкая ВПІ-1, 0,25 А 250 В	ОЮ0.480.003 ТУ	3	
плата коммутационная	ЕЭ3.662.019—03	1	
коробка картонная ЗИП	СЮ4.180.038	1	
крючок	ЯЫ8.663.021	2	
5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации	ЕЭ2.724.010 ТО	1	
6. Формуляр	ЕЭ2.724.010 ФО	1	
7. Ящик укладочный *	СЮ4.161.013	1	

* Только для приборов, поставляемых с приемкой заказчика.

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ИЗМЕРИТЕЛЯ И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

4.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

4.1.1. В основу работы прибора положен мостовой метод измерения.

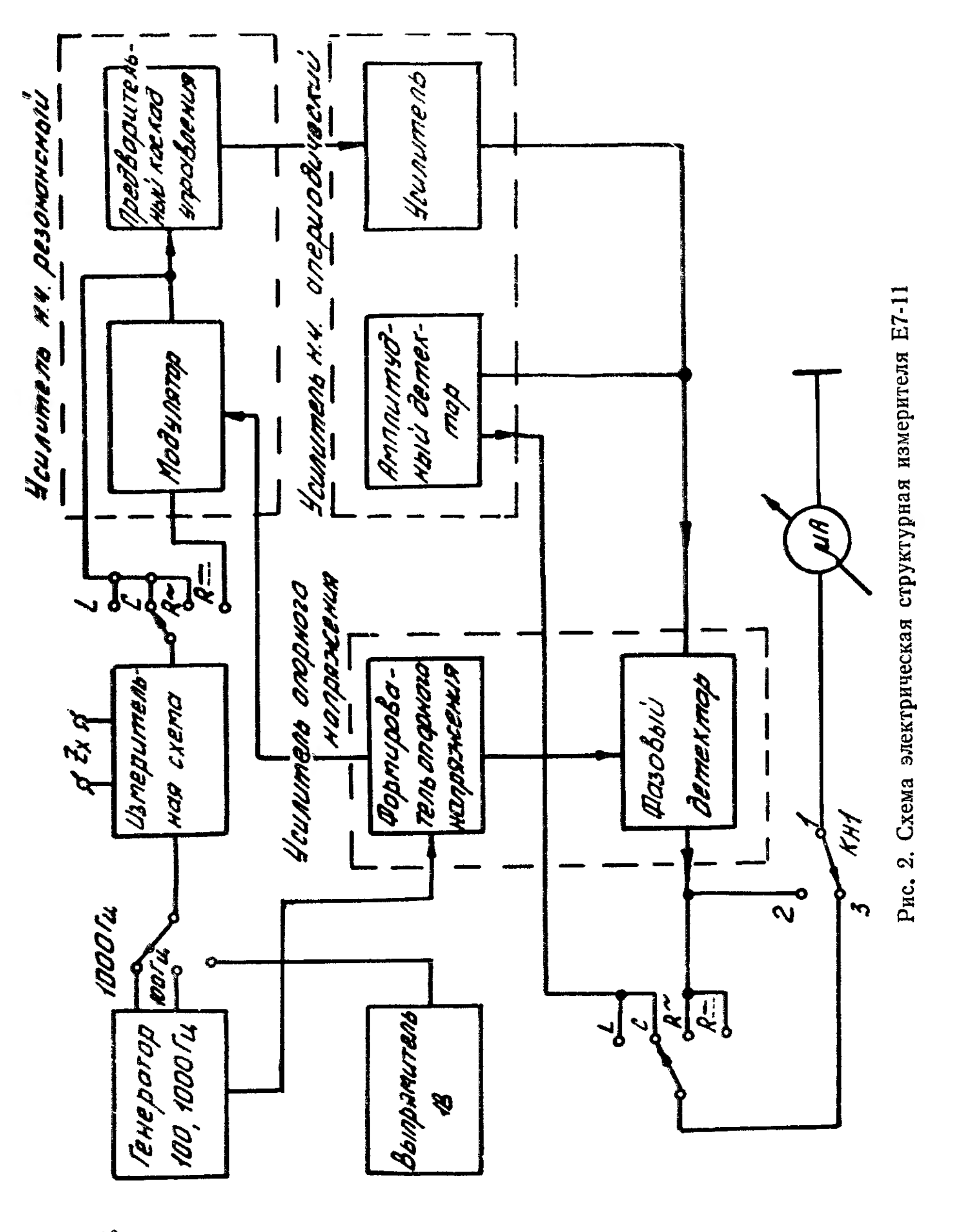


Рис. 2. Схема электрическая структурная измерителя Е7-11

4.1.2. Схема электрическая структурная измерителя приведена на рис. 2.

Схема состоит из следуюших составных частей:

генератор 100, 1000 Гц;

источник напряжения постоянного тока (выпрямитель 1В);

измерительная мостовая схема;

усилитель НЧ резонансный;

усилитель НЧ апериодический;

усилитель опорного напряжения;

источник питания (выпрямитель 20 В).

Генератор 100 и 1000 Гц и источник напряжения постоянного тока (выпрямитель 1 В) служат для питания измерительной схемы прибора.

Измерительная схема прибора представляет из себя мост, коммутацией плеч которого могут быть получены 5 различных вариантов схем для измерения:

сопротивления;

емкости и тангенса угла потерь по последовательной схеме замещения;

емкости и добротности по параллельной схеме замещения;

индуктивности и тангенса угла потерь по параллельной схеме замещения;

индуктивности и добротности по последовательной схеме замещения.

Мосты имеют общее отсчетное устройство при измерении емкости, индуктивности и сопротивления и общее плечо предельных резисторов. Переход от мостов для измерения емкости к мостам для измерения индуктивности осуществляется переключением комплексного плеча компенсации фазы.

Напряжение неравновесия мостовой схемы усиливается усилителем сигнала разбаланса и поступает на амплитудный или фазовый детекторы, являющиеся индикаторами баланса измерительной схемы.

Если измерение производится на постоянном токе, то напряжение постоянного тока на выходе моста преобразуется модулятором в напряжение переменного тока для увеличения чувствительности схемы.

Амплитудный детектор служит индикатором баланса при измерениях емкости и индуктивности. Фазовый детектор используется при измерении резисторов как на постоянном токе, так и на переменном. Применение фазового детектора в этом случае позволяет устранить влияние не уравновешиваемой

мостом реактивности резистора на достижение баланса измерительной схемы. Фазовый детектор используется также при выборе предела измерения моста.

4.2. СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ Е7-11 (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

4.2.1. Генератор 100, 1000 Гц (приложение 2) предназначен для подачи на мостовую схему напряжения переменного тока частотой 100 Гц или 1000 Гц. Генератор собран в виде отдельного узла на печатной плате. Частотозадающими элементами генератора являются катушка индуктивности *L1* и соединяемые с ней конденсаторы *C1 ... C5*, включенные в коллекторную цепь транзистора *T1*. Для возбуждения генератора напряжение с контурной катушки через резистивный делитель *R7*, *R8* и двухтактный эмиттерный повторитель *T2*, *T3*, а также через резисторы *R3* и *R5* подается в эмиттерную цепь транзистора *T1*, образуя цепь положительной обратной связи. Резисторы *R1, R2, R4* и *R6* служат для выбора рабочей точки транзистора по постоянному току. Переменным резистором *R5* устанавливается необходимая амплитуда колебаний генератора, а резистором *R9* устраняется разброс погрешности между генерируемыми частотами 100 и 1000 Гц. На транзисторах *T4*, *T5* и резисторах *R10 ... R17* собран двухтактный эмиттерный повторитель, включаемый между собственно генератором и нагрузкой для уменьшения влияния нагрузки на генератор. Резистор *R18* и конденсатор *C7* образуют развязывающий фильтр в цепи питания генератора.

4.2.2. Выпрямитель 1 В (приложение 3) выполнен на диодах *Д1* и *Д2* с полупроводниковым сглаживающим фильтром на транзисторах *T1* и *T2*.

4.2.3. Измерительная мостовая схема прибора формируется с помощью переключателей *B1*, *B3* и *B4* (приложение 1) из одних и тех же основных элементов.

4.2.4. Схема моста для измерения сопротивлений показана на рис. 3.

Измеряемый резистор R_x образует одно из плеч моста.

Сопротивление плеча $R_{пр}$ определяет поддиапазон измерения моста.

Весь диапазон измерений разбит на 7 поддиапазонов с сопротивлением плеча $R_{пр}$ 1, 10, 100 Ом, 1, 10, 100 кОм и 1 МОм. Смена поддиапазонов осуществляется переключателем «ПРЕДЕЛЫ».

Предельные сопротивления 100 кОм и 1 МОм для компенсации емкостной реактивности выполнены каждое из двух последовательно соединенных резисторов с общей точкой, соединенной через емкость с корпусом.

Компенсация реактивности индуктивного характера у резисторов 1 и 10 Ом осуществляется параллельным подсоединением конденсатора. На схеме электрической принципиальной измерителя (приложение 1) плечо $R_{пр}$ образуется резисторами *R9—R17* и компенсирующими конденсаторами *C6—C9*.

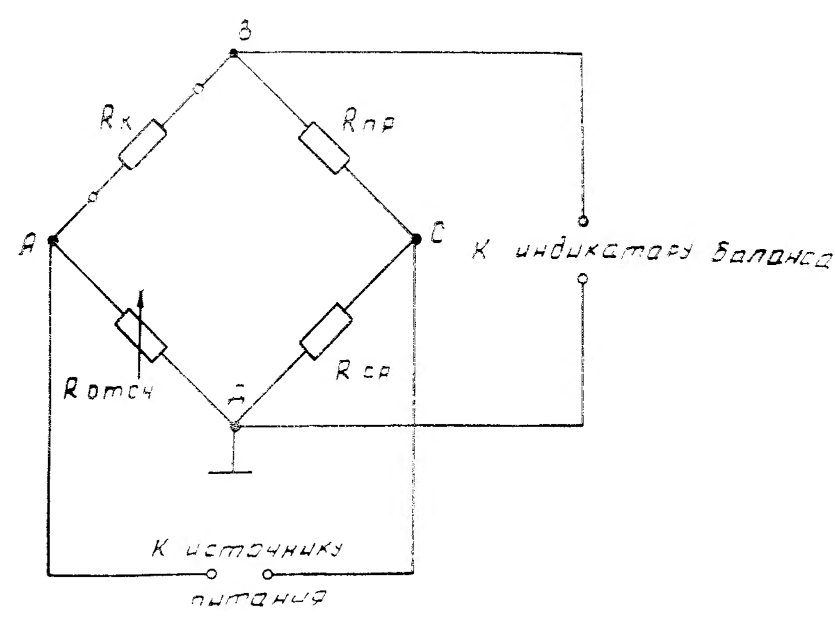


Рис. 3. Схема моста для измерения сопротивлений

Плечом сравнения $R_{ср}$ служит резистор сопротивлением 100 Ом (см. приложение 1 R4).

Плечо отсчета $R_{отсч}$ состоит из двух сборочных единиц, последовательно включенных: декадного магазина сопротивлений из 10 резисторов по 100 Ом и одного переменного резистора сопротивлением 100 Ом. На схеме измерителя этим плечом является устройство «МНОЖИТЕЛЬ».

Плечи моста $R_{отсч}$ и $R_{пр}$ являются общими для всех вариантов моста.

Условия равновесия моста для измерения сопротивлений:

$$R_x = \frac{R_{пр}}{R_{ср}} \cdot R_{отсч}, \qquad (1)$$

4.2.5. Схема моста для измерения емкости и тангенса угла потерь представлена на рис. 4.

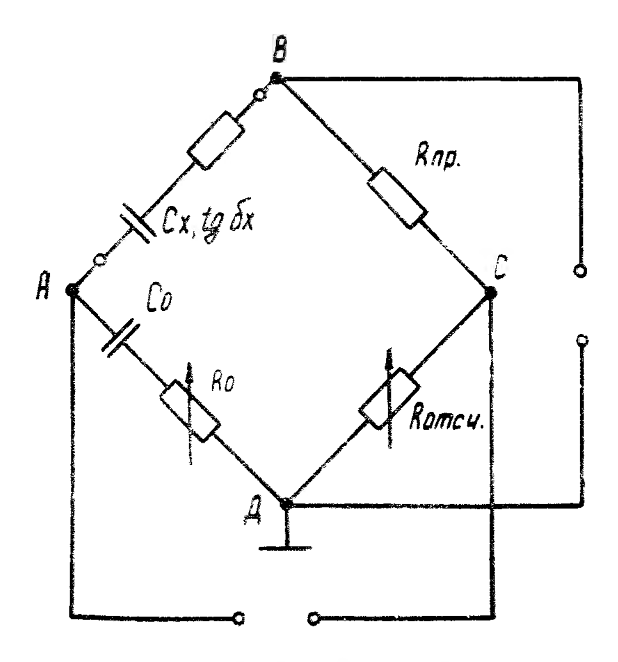


Рис. 4. Схема моста для измерения емкости и тангенса угла потерь

Плечи $R_{пр}$ и $R_{отсч}$ те же, что и в мосте для измерения сопротивлений.

Плечо C_0 и R_0 состоит из образцового конденсатора моста C_0 и переменного резистора отсчета тангенса угла потерь, компенсирующего потери в измеряемом конденсаторе.

При измерениях на частоте 1000 Гц в качестве образцового конденсатора используется слюдяной конденсатор типа ССГ емкостью 99100 пФ. Эта емкость регулируется двумя подстроечными конденсаторами до величины 0,1 мкФ (на схеме измерителя, прилож. 1 *С1, С2, С3*).

При измерениях на частоте 100 Гц образцовым конденсатором является конденсатор типа МПГ — П емкостью 1 мкФ (конденсатор *С4* на схеме измерителя, прилож. 1).

Резистор отсчета тангенса угла потерь состоит из двух параллельно включенных переменных резисторов сопротивлением по 382 Ом *R1—2, R1—3* (устройство верньерно-шкальное на схеме измерителя, прилож. 1).

Условия равновесия моста:

$$C_x = C_0 \cdot \frac{R_{отсч}}{R_{пр}} \qquad (2)$$

$$\operatorname{tg} \delta_x = \omega \cdot C_0 \cdot R_0 \qquad (3)$$

4.2.6. Схема моста для измерения индуктивности и добротности показана на рис. 5.

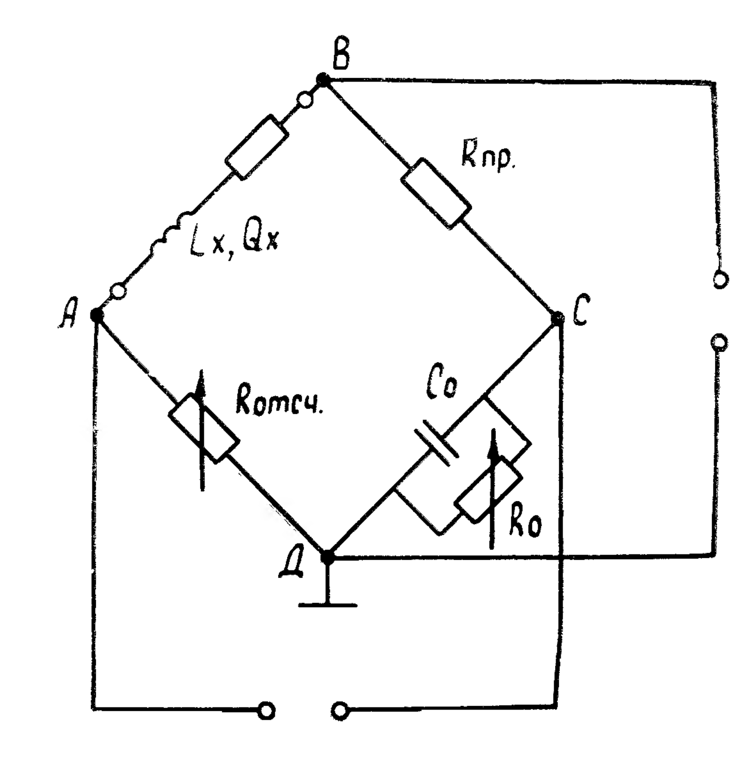


Рис. 5. Схема моста для измерения индуктивности и добротности

Плечи $R_{пр}$ и $R_{отсч}$ те же, что и в мостах для измерения сопротивления и емкости.

Образцовый конденсатор моста C_0 такой же, что и в мосте для измерения емкости. Резистор отсчета добротности R_0 включается в отличие от этой схемы параллельно образцовому конденсатору. При измерениях добротности на шкале 0,5—30 резистор R_0 представляет из себя последовательное соединение трех резисторов: двух переменных резисторов по 28 кОм и постоянного резистора 316 Ом (резисторы *R1—1*, *R1—4* и *R2* устройства верньерно-шкального на схеме измерителя, прилож. 1). При измерениях добротности на шкале 0—0,5 резистор R_0 представляет из себя последовательное соединение двух переменных резисторов по 382 Ом и постоянного резистора 63,4 Ом (резисторы *R1—2*, *R1—3* устройства верньерно-шкального и резистор *R5* на схеме измерителя, прилож. 1). Переключение резистора R_0 осуществляется переключателем *B4* ($Q>0{,}5$, $Q<0{,}5$ tg δ).

Условия равновесия мостовой схемы:

$$L_x = C_0 \cdot R_{пр} \cdot R_{отсч} \quad (4)$$

$$Q = \omega \cdot C_0 \cdot R_0 \quad (5)$$

4.2.7. Схема для измерения емкости и добротности представлена на рис. 6.

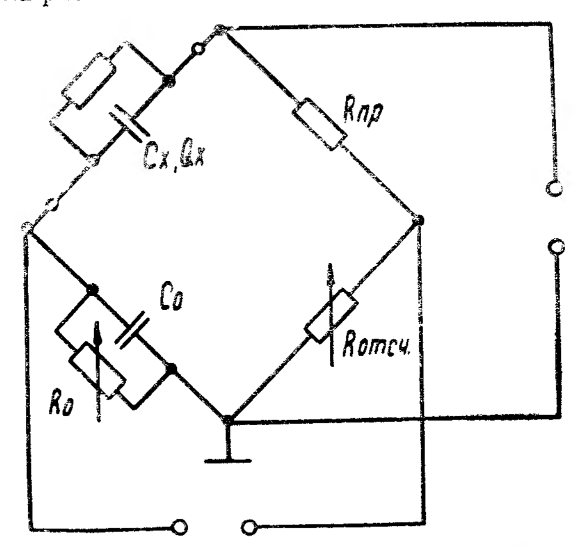


Рис. 6. Схема моста для измерения емкости и добротности

Эта схема отличается от схемы моста для измерения индуктивностей (рис. 5) лишь тем, что плечи $R_{отсч}$ и C_0, R_0 сменились местами.

Условия равновесия схемы

$$C_x = C_0 \frac{R_{отсч}}{R_{пр}} \quad (6)$$

$$Q_x = \omega \cdot C_0 \cdot R_0 \quad (7)$$

4.2.8. Схема моста для измерения индуктивности и тангенса угла потерь приведена на рис. 7.

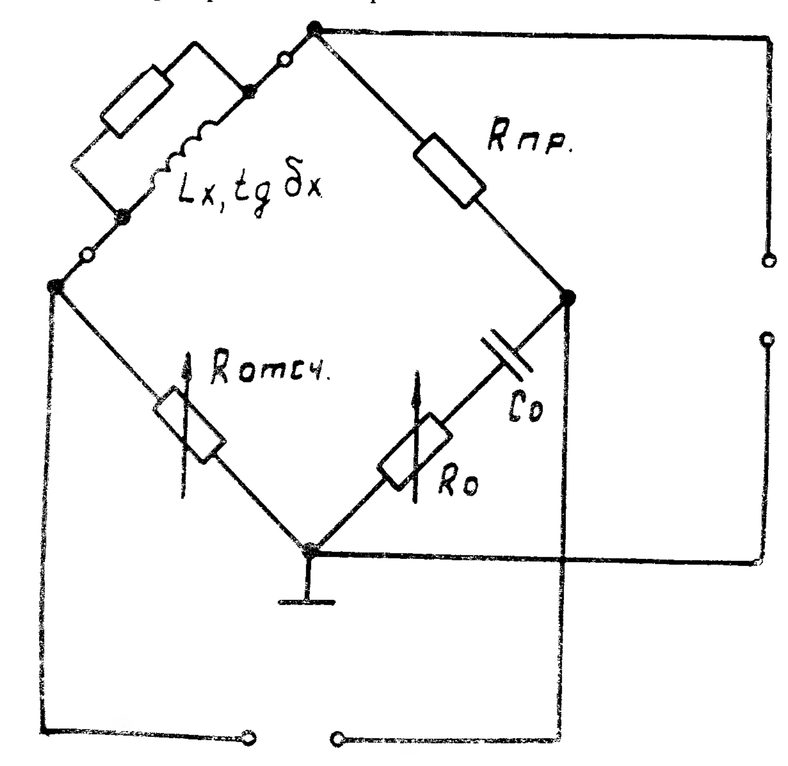


Рис. 7. Схема моста для измерения индуктивности и тангенса угла потерь

Элементы этой схемы те же, что и в схеме для измерения емкости и тангенса угла потерь (рис. 4), разница лишь в том, что плечи R_0 и C_0, $R_{отсч}$ поменялись местами.

Условия равновесия схемы

$$L_x = C_0 \cdot R_{пр} \cdot R_{отсч} \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} \delta_x = \omega \cdot C_0 \cdot R_0 \quad (9)$$

4.2.9. Модулятор и предварительный каскад усилителя сигнала разбаланса объединены в один узел, выполненный на отдельной печатной плате — усилитель НЧ резонансный (приложение 4).

Модулятор служит для преобразования постоянного напряжения в переменное и собран на *МС1*. Постоянное напряжение, поступающее на вход усилителя разбаланса через *R2*, периодически прерывается синхронно с опорным напряжением, поступающим на выводы 2 и 8 *МС1*. При поступлении переменного напряжения опорный сигнал убирается. На микросхемах *МС2* и *МС3* с резисторами *R4*, *R7* и конденсатором *С1* собран эмиттерный повторитель. Для устранения дрейфа нуля при усилении на постоянном токе на этих же микросхемах *МС1*, *МС2* и *МС3*, а также резисторах *R3*, *R5*, *R6* и конденсаторе *С2* собран второй идентичный канал, состоящий из модулятора и составного эмиттерного повторителя. Причем вход второго канала (резистор *R3*) при этом корпусится. Напряжение сигнала разбаланса с первого канала и напряжение компенсации дрейфа нуля со второго канала соответственно через резисторы *R8* и *R9* поступают на базу и эмиттер транзистора *Т1*, где эти сигналы вычитаются. Резистор *R10* и разделительный конденсатор *С7* совместно с резистором *R8* образуют делитель для устранения смещения нуля. Разностный сигнал усиливается избирательным каскадом на транзисторе *Т1* с контуром из *L1* и *С4*—*С6*, в его коллекторной цепи и резистором *R11* в эмиттерной. Выходное напряжение сигнала с контура поступает на выход для дальнейшего усиления. Резистор *R12* с конденсатором *С8* и резистор *R13* с конденсатором *С9* образуют развязывающие фильтры в цепи питания.

Конденсатор *С3* — разделительный.

4.2.10. С выхода усилителя НЧ резонансного сигнал разбаланса поступает на вход усилителя НЧ апериодического (приложение 5). Этот усилитель и амплитудный детектор собраны на отдельной печатной плате. Транзистор *Т1* и резистор *R3* образуют входной эмиттерный повторитель. Сигнал с выхода повторителя через *С11* поступает на потенциометр регулировки чувствительности, а с потенциометра на первый каскад апериодического усилителя. Этот каскад собран на транзисторе *Т2*, резисторах *R1, R2, R4, R5, R6, R8*, конденсаторах *С1, С4.*

Причем транзистор усиливает напряжение входного сигнала примерно как *R8*/*R6*. Для устранения перегрузки каскада при больших сигналах он охвачен нелинейной отрицательной обратной связью через *Д1, Д2, R5* и *С2*. Второй каскад усиления построен аналогично первому на транзисторах *Т3, Т4*, резисторах *R10, R11, R12, R9, R14, R15, R16*, конденсаторах *С5, С6*. Для повышения уровня ограничения выходного сигнала нелинейная отрицательная обратная связь (диоды *Д3, Д4*, конденсатор *С6*) включена через повторитель *Т5, R18, R19*. Сигнал разбаланса с этого каскада через эмиттерный повторитель *Т5, R18, R19, С9* поступает на амплитудный детектор с удвоением напряжения *Д7, Д8, С10, R13, R20*. Диоды *Д5, Д6* ограничивают выходной сигнал постоянного тока до уровня $\leqslant$0,8 В. Резистор *R7* с конденсатором *С3* и резистор *R17* с конденсатором *С8* образуют развязывающие фильтры в цепи питания 20 В усилителя.

4.2.11. Для формирования опорного напряжения фазового детектора, используемого в качестве индикатора равновесия моста при измерении сопротивлений, служит усилитель опорного напряжения, собранный совместно с фазовым детектором на отдельной печатной плате (приложение 6). Напряжение переменного тока с генератора, питающего мост, поступает на вход составного эмиттерного повторителя на транзисторах *Т1, Т2*, резисторах *R3, R4, R5, R6* и конденсаторе *С2*, через фазорегулирующую цепь *С1, R1, R2*. Эта цепь служит для компенсации фазового сдвига в усилителе разбаланса на частоте 100 Гц. С выхода эмиттерного повторителя напряжение через резистор *R7* поступает на усилитель-ограничитель, состоящий из *Т3, Т4, R9, R10*. Цепь, состоящая из *R8, С3*, служит для питания базы транзистора *Т4* по постоянному току и фильтрации переменного напряжения. С коллектора *Т4* ограниченное напряжение типа «меандр» через эмиттерный повторитель (*Т5, R11, С5*) поступает на ключевой фазовый детектор (*Т6, R13, R15, R16*). На этот же детектор через *С6* поступает напряжение разбаланса. Выходное напряжение фазового детектора фильтруется конденсатором *С7* и в дальнейшем поступает на стрелочный измеритель. С выхода ограничителя (*R14, Д1*) напряжение поступает на модулятор. Резистор *R12* и конденсатор *С4* образуют развязывающий фильтр в цепи питания +20 В усилителя.

4.2.12. Источник напряжения постоянного тока (приложение 7) предназначен для питания полупроводниковых элементов прибора.

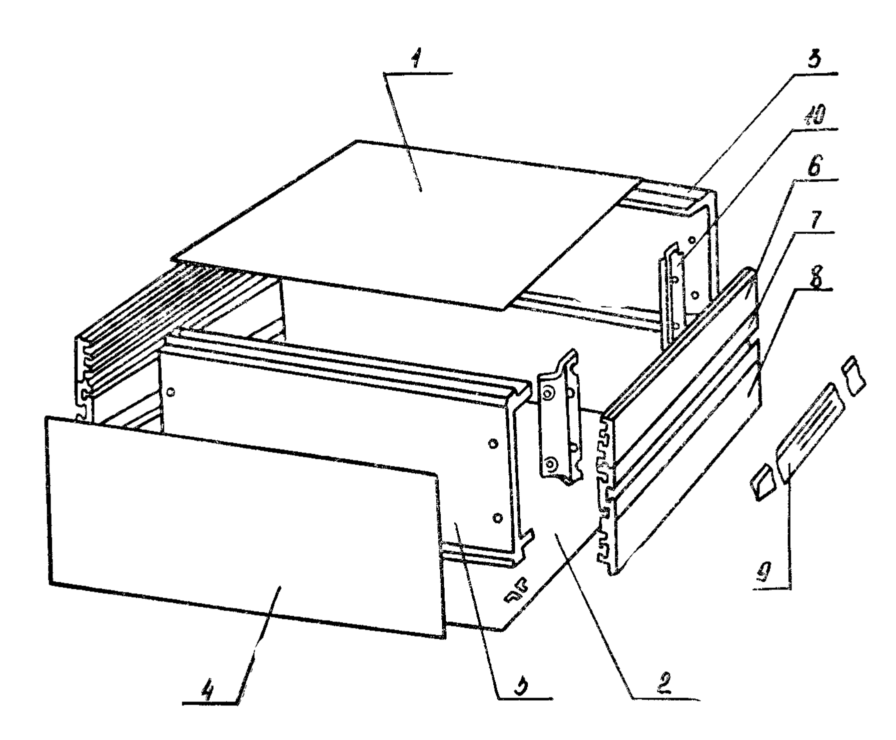


Рис. 8. Элементы корпуса измерителя Е7-11:
1 — верхняя крышка; *2* — нижняя крышка; *3, 4, 5* — панель; *6, 7, 8* — стенка; *9* — ручка; *10* — элемент крепления

4.3. КОНСТРУКЦИЯ

4.3.1. Измеритель *L, C, R* универсальный Е7-11 выполнен в виде отдельного переносного блока бесфутлярной конструкции. Элементы корпуса прибора, показанные на рис. 8, скрепляются с помощью винтов. Панели и боковые стенки корпуса изготовлены из профильного проката.

В случае необходимости вскрытие измерителя следует производить в следующем порядке:

распломбировать измеритель; ослабить винты на задней панели на 3—4 мм (рис. 9) и снять верхнюю и нижнюю крышки измерителя.

4.3.2. Внутренний вид измерителя Е7-11 приведен в приложении 8. Элементы постоянных плеч мостовой схемы и электронная часть прибора выполнены с применением печатного монтажа и смонтированы на одном шасси.

4.3.3. Все органы управления измерителя расположены на передней и задней панелях (рис. 10 и 11).

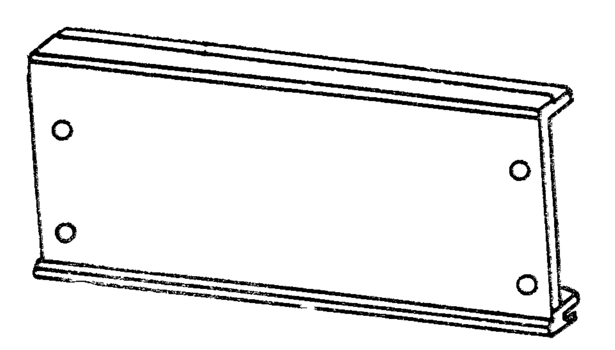


Рис. 9. Задняя панель с отверстиями для крепящих винтов

Органы управления на передней панели имеют следующее назначение:

1 — индикаторная лампочка сети *Л2*; загорается при поступлении напряжения питания на прибор;

2 — «L, C, R~ , R=». Переключатель *В1* осуществляет выбор вида измерения: индуктивность (*L*), емкость (*C*), сопротивление на переменном токе (*R~*) и сопротивление на постоянном токе (*R=*);

3 — «ПРЕДЕЛЫ». Переключатель *В2* осуществляет выбор поддиапазона измерения;

4 — «С, L×10». Индикаторная лампочка множителя отсчета результата измерения *Л1* загорается при установке частоты 100 Гц, что означает необходимость увеличения в 10 раз отсчета *L* или *C*;

5 — индикатор баланса *ИП1* осуществляет индикацию процесса уравновешивания мостовой схемы;

6 — «МНОЖИТЕЛЬ». Устройство предназначено для уравновешивания мостовой схемы и отсчета результата измерений *L, C* или *R*;

7 — «ЧУВСТВИТ.». Потенциометр *R3* регулирует чувствительность индикатора баланса;

8, 9 — «*L, C, R*». Гнезда *Ш6, Ш9* для подключения измеряемого объекта с помощью соединительного кабеля;

10 — «ЧАСТОТА Hz». Переключатель *В3* осуществляет выбор рабочей частоты прибора;

11 — «$Q>0{,}5$, $Q<0{,}5$ tg δ». Переключатель *В4* производит выбор вида измерения потерь Q или tg δ;

12 — устройство верньерно-шкальное служит для уравновешивания и отсчета результата измерений по tg δ и Q;

13 — «СЕТЬ ВКЛ.». Тумблер *В6* осуществляет включение сетевого питания;

14 — «ВЫБОР ПРЕДЕЛА». Кнопка Кн1 используется при выборе предела измерения.

Органы управления на задней стенке прибора имеют следующее назначение:

1 — «ИЗМЕР. ►O◄ ». Тумблер *В5* производит перевод прибора из режима измерения в режим калибровки;

2 — « ⊥ », клемма корпуса прибора.

3, 4 — «СМЕЩЕНИЕ +С—». Клеммы *Кл3* и *Кл4* служат для подключения разделительного конденсатора;

5 — $R_{пр}$. Клемма *Кл2* используется при измерении сопротивления резистора предела;

6, 7 — «СМЕЩЕНИЕ $+\frac{30V}{30mA}$. Клеммы *Кл5* и *Кл6* служат для подключения внешнего источника постоянного тока;

9 — $U_{ген}$. Потенциометр *R18* производит регулировку напряжения генератора;

8 — « ⏚ », клемма защитного заземления;

10 — «0,5 А». Вставка плавкая;

11 — «ГЕНЕРАТОР». *Гн1* — для подключения внешнего генератора;

12 — счетчик *ИП2* (ЭСВ-2,5-12,6/0).

ВНИМАНИЕ! В заднюю панель прибора вмонтирован электрохимический счетчик времени (ресурсомер) типа ЭСВ-2,5-12,6/0, предназначенный для определения суммарного времени наработки прибора при его настройке, испытаниях и эксплуатации.

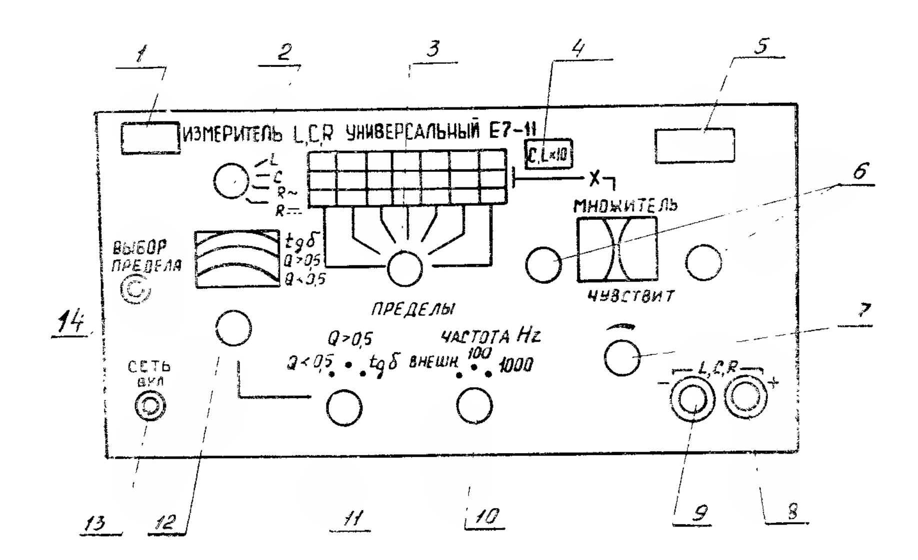


Рис. 10. Передняя панель измерителя Е7-11

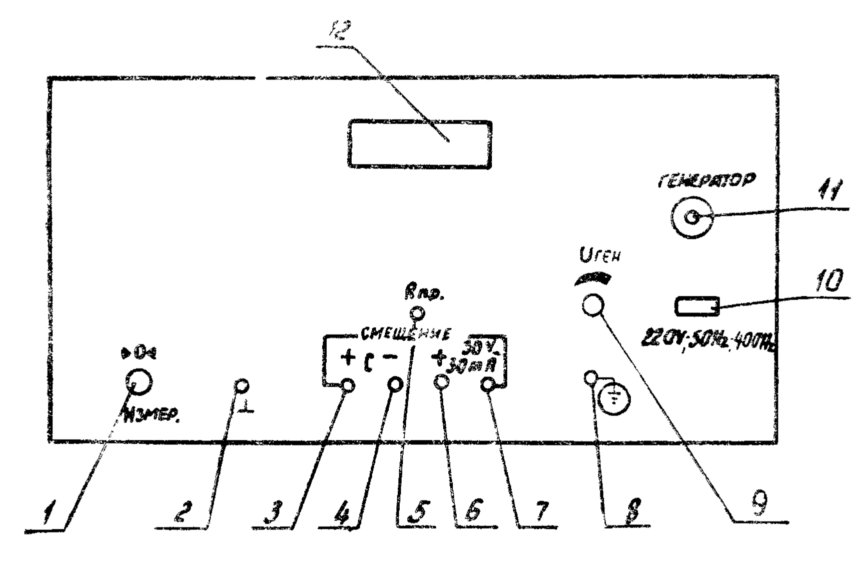


Рис. 11. Задняя панель измерителя Е7-11

Счетчик снабжен капиллярным микрокулометром, наполненным двумя столбиками ртути, разделенными зазором с электролитом.

Зазор перемещается в правую сторону при включении прибора и, тем самым, отсчитывает проработанное время по шкале, расположенной под микрокулометром.

Отсчет проработанного времени производится по делению шкалы, против которого находится мениск (торец) правого столбика ртути.

Показания счетчика при установке в аппаратуру, окончании ее приработки, приемке ее представителем заказчика и сдаче на склад, а также по истечении каждого полугодия эксплуатации должны вписываться в имеющийся в формуляре контрольный талон.

Изменение направления отсчета (реверсирование) возможно изменением полярности питания счетчика, при этом реверсирование должно производиться при достижении зазором не более 90—95% от всей шкалы. Отсчет в этом случае ведется в обратном порядке.

Замена неисправных счетчиков проводится заводом-изготовителем прибора в установленном порядке.

5. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

5.1. Наименование измерителя и его обозначение нанесены в верхней части лицевой панели. Условное обозначение поставлено также в левом верхнем углу боковой стенки корпуса.

5.2. Товарный знак и знак госреестра помещены в верхней части измерителя.

5.3. Заводской порядковый номер измерителя и год изготовления его размещены на задней части в левом верхнем углу.

5.4. Все составные части измерителя имеют обозначения, соответствующие их обозначениям на схеме электрической принципиальной. Обозначения нанесены на шасси, панели и печатные платы.

5.5. Измеритель, принятый ОТК и представителем заказчика, опломбирован на панелях мастичными пломбами.

6. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. Распаковав измеритель, произведите внешний осмотр и проверьте:

сохранность пломб;

отсутствие внешних механических повреждений;

исправность органов управления и контроля на передней панели и четкость фиксации переключателей;

комплектность согласно табл. 5.

7. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. К работе с прибором и его ремонту допускаются работники, знающие правила безопасности при работе с высоким напряжением и имеющие допуск к работе с напряжением 1000 В.

Внутри прибора имеется напряжение порядка 220 В.

7.2. Перед включением прибора в сеть заземлите клемму «  », расположенную на задней стенке корпуса прибора.

7.3. При ремонте все подключения измерительной аппаратуры или замена любого элемента должны проводиться только при выключенном приборе.

8. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

8.1. Перед началом работы внимательно изучите техническое описание и инструкцию по эксплуатации.

Ознакомтесь с расположением и назначением органов управления на передней и задней панелях измерителя, приведенными в разделе 4.3.

8.2. Перед включением измерителя сделайте следующее:

заземлите корпус измерителя;

тумблер «СЕТЬ ВКЛ.» установите в нижнее положение;

проверьте исправность соединительного шнура путем внешнего осмотра и в случае исправности подсоедините его к сети;

подсоедините к гнездам «L, C, R» прибора соединительный кабель из комплекта ЗИП данного прибора.

Установите органы управления в исходные положения:

ручку «ЧУВСТВИТ.» в крайнее левое положение;

ручку «$U_{ген}$» на задней стенке прибора в крайнее правое

положение, тумблер «ИЗМЕР. •O• » в положение «ИЗМЕР.»;

переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» в положение «tg δ»;

отсчетные шкалы «tg δ» и «МНОЖИТЕЛЬ» в положение нулевого отсчета;

переключатель «ЧАСТОТА Hz» в положение 1000 Гц;

переключатели «R, C, L~, R=» и «ПРЕДЕЛЫ» в произвольном положении.

Органы управления должны находиться в исходном положении перед каждым измерением. Выключение прибора может производиться в любом положении органов управления.

Клеммы «СМЕЩЕНИЕ» на задней стенке корпуса прибора должны быть попарно замкнуты накоротко «+» с «—» как у «$\frac{30V}{30mA}$», так и у «С».

9. ПОРЯДОК РАБОТЫ

9.1. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1.1. Переключатель *В6* поставьте в положение «СЕТЬ ВКЛ.» При этом должна загореться индикаторная лампочка *Л2*.

9.1.2. Измеритель готов к работе через 15 мин.

9.1.3. Проверьте работоспособность измерителя в различных режимах измерения.

а) *Проверка работоспособности в режиме измерения емкости и оценка начальной емкости измерителя:*

установите переключатель «L, C, R~, R=» в положение «С» и переключатель «ПРЕДЕЛЫ» в крайнее правое положение (7-й предел);

ручкой «ЧУВСТВИТ.» установите стрелку индикатора баланса в пределах 2/3 шкалы;

вращая ручку плавного осчета «МНОЖИТЕЛЬ» и постепенно увеличивая чувствительность индикатора, сбалансируйте мост, то есть добейтесь минимальных показаний индикатора.

Полученное значение емкости соответствует начальной емкости моста и не должно превышать 0,5 пФ (отсчет по шкале множителя 0,05). Начальная емкость должна вычитаться из измеренных значений емкости меньше 1000 пФ, если требуется получить максимально возможную точность измерений.

б) *Проверка работоспособности в режиме измерения индуктивности и оценка остаточной индуктивности прибора:*

поставьте переключатель «L, C, R~, R=» в положение «L» и переключатель «ПРЕДЕЛЫ» в крайнее левое положение (1-й предел), переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» в положение «tg δ»;

замкните концы соединительного кабеля измерителя медной или алюминиевой пластиной шириной не менее 2 мм или проводом соответствующего диаметра;

ручкой «ЧУВСТВИТ.» установите стрелку индикатора в пределах 2/3 шкалы;

попеременным вращением ручки плавного отсчета «МНОЖИТЕЛЬ» и ручки «tg δ» добейтесь минимума показаний индикатора при постепенном увеличении чувствительности индикатора.

Полученное значение индуктивности соответствует остаточной индуктивности мостовой схемы. Это значение должно вычитаться из результатов измерения малых величин индуктивностей (меньше 100 мкГ) для увеличения точности измерения. Остаточная индуктивность не должна превышать 0,5 мкГ (отсчет по шкале «МНОЖИТЕЛЬ» 0,05).

в) *Проверка работоспособности в режиме измерения сопротивлений и оценки начального сопротивления мостовой схемы прибора:*

переведите переключатель «L, C, R~, R=» в положение «R~»; ручкой «ЧУВСТВИТ.» установите стрелку индикатора в пределах 2/3 шкалы;

сбалансируйте мост вращением ручки плавной шкалы «МНОЖИТЕЛЬ» при замкнутых зажимах соединительного кабеля и при постепенном увеличении чувствительности до максимального значения.

Полученное значение сопротивления соответствует начальному сопротивлению моста и не должно превышать 0,5 Ом (отсчет 0,05 по шкале «МНОЖИТЕЛЬ»). Это значение должно вычитаться из результата измерения при измерении малоомных объектов (до 10—100 Ом).

В процессе балансирования может оказаться, что чувствительность индикатора баланса максимальна, отсчет по шкале «МНОЖИТЕЛЬ» уменьшен до нулевого значения, а четкого минимума нет. В этом случае следует считать мост сбалансированным и остаточное сопротивление принять равным нулю.

г) *Подготовка к проведению измерений сопротивлений на постоянном токе:*

разомкните концы соединительного кабеля;

установите переключатель «L, C, $R_{\sim}$, $R_{=}$» в положение «$R_{=}$», переключатель «ПРЕДЕЛЫ» в положение, соответствующее пределу, на котором предполагается вести измерения; переключатель «ЧАСТОТА Hz» в положение «100»;

поставьте переключатель « ▸O◂ ИЗМЕР.» в положение « ▸O◂ » и вращением шлица, расположенного над этим переключателем, установите стрелку индикатора прибора в нулевое положение.

Выполнив регулировку, переведите переключатель в положение «ИЗМЕР.».

9.2. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

9.2.1. Общие указания

а) Процесс измерения заключается в уравновешивании мостовой измерительной схемы с целью достижения ею баланса, определяемого по индикатору баланса. Порядок уравновешивания схемы описывается ниже (9.2.2—9.2.6).

При измерении сопротивлений индикатор баланса представляет из себя фазовый детектор. Состоянию баланса моста соответствует нулевое показание стрелочного прибора фазового детектора.

При измерении емкостей и индуктивностей индикатором баланса является амплитудный детектор. При балансе моста стрелка индикатора не всегда совпадает с нулевой риской шкалы. Уравновешивая мост в этом случае поочередным вращением ручек шкал реактивности и потерь, нужно получить минимум показаний индикатора при постепенном увеличении чувствительности до величины, обеспечивающей индикацию изменения отсчета измеряемой величины не менее, чем на половину основной погрешности измерения. Вследствие излишней чувствительности на отдельных участках диапазона измерений стремиться к достижению минимума при максимальной чувствительности индикатора не следует.

б) Отсчет результата измерения емкости, индуктивности

и сопротивления производится по общему отсчетному устройству «МНОЖИТЕЛЬ», имеющему две шкалы. Показания одной шкалы меняются ступеньками, другой — плавно. Показания обеих шкал образуют единый строчечный цифровой отсчет. Отсчет, изображенный на рис. 12, *а*, должен быть прочтен как 0,275.

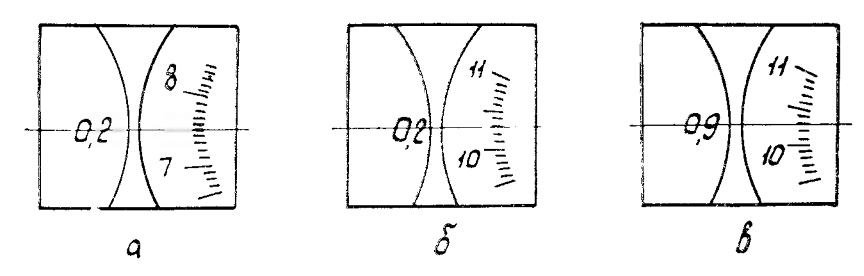


Рис. 12. Отсчет результатов измерений *L*, *C*, *R*

Если показание на плавной шкале больше или равно 10, то это означает, что единица должна быть перенесена (добавлена) в предыдущий разряд отсчета, то есть отсчет, изображенный на рис. 12, *б*, следует прочесть как 0,303. Аналогично отсчет, представленный на рис. 12, *в*, соответствует значению 1,003.

9.2.2. Измерение сопротивлений

а) *Измерение сопротивлений на переменном токе.*

Подсоедините измеряемый объект к зажимам соединительного кабеля *L, C, R*.

Переключатель «L, C, $R_{\sim}$, $R_{=}$» установите в положение «$R_{\sim}$», переключатель «ЧАСТОТА Hz» — в положение, соответствующее частоте, на которой предполагается проводить измерения (при установке переключателя в положение «100» загорается сигнальная лампочка «C, L×10»).

Переключатель «ПРЕДЕЛЫ» поставьте в крайнее левое положение (первый предел).

Ручку «ЧУВСТВИТ.» установите в крайнее правое положение.

Выберите нужный предел измерения. Для этого вращением ручки «ПРЕДЕЛЫ» поочередно меняйте установленный пре-

дел до тех пор, пока знак напряжения разбаланса на индикаторе баланса не изменится на противоположный. Это и будет нужный для измерений предел.

Уравновесьте мост вращением ручек «МНОЖИТЕЛЬ», постепенно увеличивая чувствительность до величины, обеспечивающей индикацию разбаланса на 1/2 погрешности измерения для данной величины.

Измеренная величина сопротивления равна произведению отсчета по шкалам «МНОЖИТЕЛЬ» на значение сопротивления, соответствующее выбранному пределу и указанное в таблице на передней панели прибора.

Например:

Отсчет по шкалам «МНОЖИТЕЛЬ» — 0,127.

Предел измерения — 3. По таблице ему соответствует значение 1 kΩ.

Следовательно, измеренная величина сопротивления будет $R=0{,}127\times1$ кОм $=127$ Ом.

При измерении малоомных объектов (меньше 10—100 Ом) результат должен быть уменьшен на величину остаточного сопротивления мостовой схемы, определенную по методике подраздела 9.1.

б) Измерение сопротивлений на постоянном токе.

Проведите подготовку к измерению в соответствии с п. 9.1.3 г.

Подсоедините измеряемый объект к зажимам соединительного кабеля и произведите измерения.

Процесс измерения аналогичен описанному в п. 9.2.2 а. В результате измерения малоомных объектов также должна вводиться поправка на остаточное сопротивление моста.

При подготовке к измерению может оказаться, что стрелка индикатора колеблется и не устанавливается на нуль или в процессе измерения при подходе к балансу появляются колебания стрелки индикатора, на показания индикатора начинают оказывать влияние руки оператора, результат измерения получается нестабильным. Это явление может наблюдаться, если близко от прибора находится источник сильных электромагнитных полей и напряжение, наводимое им на измеряемый объект, превышает 10 мВ.

Чтобы убедиться, что причина в этом, следует, не отсоединяя измеряемый объект от прибора, измерить милливольтметром В3-43 или ему аналогичным напряжение между зажимом «+» соединительного кабеля и клеммой защитного заземления прибора.

9.2.3. Измерение емкости и тангенса угла потерь

Подсоедините измеряемый объект к соединительным кабелям прибора.

Поставьте:

переключатель «L, C, R~, R=» в положение «C»;

переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» в положение «tg δ»;

переключатель «ЧАСТОТА Hz» в положение, соответствующее частоте, на которой будут вестись измерения;

переключатель «ПРЕДЕЛЫ» в крайнее правое положение (7-й предел);

шкалу «tg δ» на нулевое значение;

ручку «ЧУВСТВИТ.» в крайнее правое положение.

Выберите нужный предел измерения. Для этого на шкале «МНОЖИТЕЛЬ» установите отсчет 1,090. Нажмите кнопку «ВЫБОР ПРЕДЕЛА» и вращением ручки «ПРЕДЕЛЫ» влево меняйте установленный предел до тех пор, пока знак фазы напряжение разбаланса на индикаторе прибора не изменится на противоположный. Это будет предел, на котором должны производиться измерения.

Отпустив кнопку «ВЫБОР ПРЕДЕЛА», произведите уравновешивание моста. Для этого уменьшайте показания шкалы переключателя «МНОЖИТЕЛЬ» до получения минимума показаний индикатора баланса, затем вращением плавной шкалы «МНОЖИТЕЛЬ» найдите положение, при котором минимум станет еще меньше. Если вращение плавной шкалы не меняет показаний индикатора, перейдите к уравновешиванию моста по потерям. Найдя минимум, вновь возвратитесь к уравновешиванию по емкости. Регулировки повторяются при постепенном увеличении чувствительности до величины, обеспечивающей индикацию изменения отсчета по шкалам не менее половины основной погрешности измерения.

Достигнув минимума при такой чувствительности, произведите отсчет результата измерения. Измеренная величина емкости равна отсчету по шкале «МНОЖИТЕЛЬ», умноженному на значение емкости, указанное в таблице передней панели для соответствующего положения переключателя «ПРЕДЕЛЫ».

Если измерение проводилось на частоте 100 Гц, отсчет результата измерения емкости должен быть увеличен в 10 раз.

При измерении емкостей ниже 1000 пФ следует вводить поправку на начальную емкость мостовой схемы: уменьшить результат измерения на величину начальной емкости.

Измеренная величина тангенса угла потерь отсчитывается непосредственно по шкале «tg δ».

9.2.4. Измерение емкости и добротности

Установите органы управления в исходные положения и произведите выбор предела измерения в соответствии с п. 9.2.3.

Переведя переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» в положение «Q>0,5» или «Q<0,5» согласно ожидаемой величине добротности, произведите измерение объекта, уравновесив мост поочередным вращением ручек шкал «МНОЖИТЕЛЬ» и «Q».

Если отсчет по шкале множитель получился с двумя или тремя нулями впереди, не меняя положения шкалы «Q», переведите переключатель «ПРЕДЕЛЫ» право соответственно на 1 или 2 положения и произведите измерения на этом пределе.

9.2.5. Измерение индуктивности и добротности

Подсоедините измеряемый объект и произведите установку переключателей:

«L, C, R~, R=» в положение «L»;

«Q>0,5, Q<0,5 tg δ» в положение «tg δ»;

«ЧАСТОТА Hz» в положение, соответствующее частоте, на которой должны производиться измерения;

«ПРЕДЕЛЫ» в крайнее левое положение.

Ручку «ЧУВСТВИТ.» поставьте в крайнее правое положение.

Выберите нужный предел измерения.

Для этого:

установите на шкале отсчета «МНОЖИТЕЛЬ» показание 1,090;

нажмите кнопку «ВЫБОР ПРЕДЕЛА»;

вращая вправо ручку переключателя «ПРЕДЕЛЫ», найдите предел, при котором знак фазы напряжения разбаланса на стрелочном приборе изменится на противоположный;

отпустив кнопку «ВЫБОР ПРЕДЕЛА» и переведя переключатель «tg δ» в положение «Q», произведите уравновешивание мостовой схемы, добившись поочередным вращением ручек шкалы «МНОЖИТЕЛЬ» и шкалы «Q» минимальных показаний индикатора баланса при постепенном увеличении чувствительности до величины, обеспечивающей индикацию

разбаланса на 1/2 величины основной погрешности измерения;

произведите отсчет результата измерения.

Если отсчет результата измерения на шкале «МНОЖИТЕЛЬ» получился с двумя или тремя нулями впереди, нужно, не меняя отсчета по шкале «Q», перевести переключатель пределов на одно или два положения соответственно влево и повторить измерение на этом пределе.

Измеренная величина индуктивности равна отсчету по шкале «МНОЖИТЕЛЬ», умноженному на значение индуктивности, указанное в таблице на лицевой панели, в соответствии с положением переключателя «ПРЕДЕЛЫ».

При измерениях на частоте 100 Гц отсчет измерения индуктивности должен быть увеличен в 10 раз.

В измеренную величину индуктивности ниже 100 мкГ следует ввести поправку на начальную индуктивность мостовой схемы.

Измеренная величина добротности отсчитывается непосредственно по соответствующей шкале «Q».

9.2.6. Измерение индуктивности и тангенса угла потерь

Порядок измерения аналогичен изложенному в п. 9.2.5 за исключением того, что переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» должен находиться в положении «tg δ» как при выборе предела, так и при измерении.

Этот вид измерения может быть рекомендован, если более удобен результат измерения в виде «L» и «tg δ» или добротность катушки индуктивности больше 30.

9.2.7. Особенности работы при измерении объектов с низкой добротностью (Q<1)

При измерении таких объектов возникают некоторые трудности в правильном нахождении баланса моста. При уравновешивании моста в этом случае следует придерживаться такой методики:

найдя минимум индикатора, разбалансируйте мост по реактивности на 10—20 делений шкалы в какую-нибудь сторону;

вращая шкалу «Q», уравновесьте мост и, если минимум индикатора не стал глубже (показание индикатора меньше), произведите разбалансировку моста по реактивности, в другую сторону;

если минимум стал более глубоким, поверните шкалу реактивности в том же направлении еще на несколько делений, вновь вращением шкалы «Q» уравновесьте мост и проверьте показания индикатора;

такой процесс повторяйте до тех пор, пока будет происходить уменьшение показаний индикатора.

9.2.8. Измерение при пониженном напряжении питающего мост генератора прибора

При измерении катушек с ферромагнитными сердечниками измерения величины индуктивности и добротности или тангенса угла потерь зависят от напряжения на катушке. В этом случае рекомендуется производить измерения при уменьшенном или строго определенном напряжении генератора. Регулировка напряжения генератора производится ручкой «$U_{ген}$» на задней стенке корпуса прибора.

Следует, однако, помнить, что напряжение генератора нельзя уменьшать ниже величины, которая при максимальной чувствительности индикатора обеспечивает индикацию разбаланса на 1/2 основной погрешности измерения. В противном случае погрешность измерений не может быть гарантирована, и измерения будут носить лишь сравнительный характер.

9.2.9. Измерения с подачей на измеряемый объект напряжения смещения или тока подмагничивания

а) Необходимость в такого рода измерениях возникает для многих объектов, параметры которых зависят от напряжения смещения на них или от тока, протекающего через них (электрические конденсаторы, металлобумажные конденсаторы, катушки с ферромагнитными сердечниками и др.). Прибор позволяет производить такие измерения только при использовании внешних источников напряжения постоянного тока и допускает подачу напряжения смещения до 30 В и тока до 30 мА. Контроль задаваемых режимов по постоянному току должен осуществляться также внешними приборами.

Источник напряжения постоянного тока, а также контрольно-измерительные приборы должны быть изолированы от земли.

б) Подготовка к измерению объектов с задаваемыми для них режимами по постоянному току производится в следующем порядке:

разомкните клеммы «СМЕЩЕНИЕ $^{30V}_{30mA}$ » на задней стенке корпуса прибора, сняв замыкающую их перемычку;

подсоедините к клеммам «+» и «—» источник постоянного тока (его напряжение не должно превышать 30 В, а ток 30 мА);

зашунтируйте источник постоянного тока конденсатором емкостью около 100 мкФ для устранения снижения чувствительности прибора (шунтировка не обязательна, если используется низкоомный источник постоянного тока или измерение будет производиться на 4—7 пределах);

если измерения должны вестись в режимах C, Q или L, Q, разомкните клеммы «СМЕЩЕНИЕ С» и подсоедините к ним разделительный конденсатор, рассчитанный на напряжение 30 В (в режимах C, $\operatorname{tg}\delta$ или L, $\operatorname{tg}\delta$ разделительный конденсатор не нужен).

Разделительный конденсатор вносит погрешность в измерения, которая может быть учтена расчетом по формулам.

$$C_x = C_{изм}\left(1 + \frac{C_0}{C_p} \cdot \frac{1}{Q^2_{изм}}\right) \tag{10}$$

$$L_x = L_{изм}\left(1 + \frac{C_0}{C_p} \cdot \frac{1}{Q^2_{изм}}\right) \tag{11}$$

$$Q_x = Q_{изм}\left(1 + \frac{C_0}{C_p} \cdot \frac{1}{Q^2_{изм}}\right), \tag{12}$$

где $C_{изм}$, $L_{изм}$, $Q_{изм}$ — измеренное значение емкости, индуктивности или добротности соответственно;

C_0 — емкость образцового конденсатора моста;

C_p — емкость разделительного конденсатора.

Чтобы погрешность не превышала 0,1%, нужно выполнить соотношение $C_p \geqslant 1000\frac{C_0}{Q^2_{изм}}$, то есть при $Q=1$ разделительный конденсатор должен иметь емкость не менее 10 мкФ при измерениях на 1000 Гц и 1000 мкФ на 100 Гц.

в) Подключите измеряемый объект к соединительным кабелям прибора и проведите измерение его обычным порядком.

9.2.10. Измерения объектов с четырехзажимной конструкцией выводов

Подключение таких объектов к прибору выполняется с помощью входящих в комплект прибора соединительных кабелей ЕЭ4.853.426.

Присоедините кабели разведенными концами к одноименным токовому и потенциальному выводам измеряемого объекта (например, выводы одного из кабелей соединяются с выводами U_1, I_1, второго — с U_2, I_2).

К оставшимся свободным концам каждого из кабелей подсоедините зажимы соединительного кабеля прибора и произведите измерения обычным порядком.

Подключение объектов с четырехзажимной конструкцией выводов изображено на рис. 13.

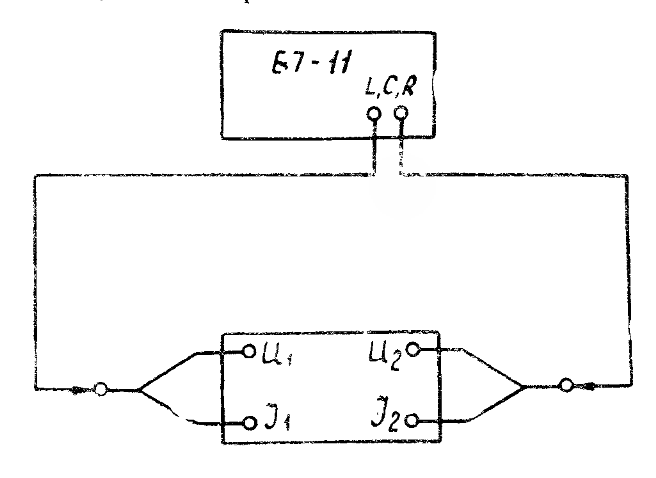


Рис. 13. Подсоединение к прибору Е7-11 измеряемых объектов с четырехзажимной конструкцией выводов

9.2.11. Особенности работы прибора в интервале рабочих температур, в условиях повышенной влажности и после длительного хранения

При работе в интервале рабочих температур следует учитывать дополнительную погрешность измерения, величина которой, для каждого из измеряемых параметров, составляет половину основной погрешности на каждые 10° отклонения температуры от нормальной.

При работе в условиях повышенной влажности нужно учитывать дополнительную погрешность измерения тангенса угла потер и добротность, равную величине основной погрешности измерения их.

После длительного хранения прибор должен быть поверен по разделу 12 настоящей инструкции.

9.2.12. Работа прибора с внешним генератором

При использовании внешнего генератора прибор обеспечивает измерения катушек индуктивности от 10 мкГ до 10 мГ в диапазоне частот от 100 Гц до 5 кГц. Погрешность измерения индуктивностей в этом случае не превышает $\pm(2+40/L+\frac{1}{Q})\%$, а погрешность тангенса угла потерь и добротности не гарантируются.

Для работы с прибором рекомендуется использовать генератор типа Г3-56/1 или любой другой с аналогичными характеристиками.

Порядок работы с прибором и внешним генератором следующий:

установите переключатель «ЧАСТОТА Hz» в положение «ВНЕШН.», остальные органы управления в соответствии с пп. 9.2.5 или 9.2.6. в зависимости от вида измерения L, Q или L, gt δ;

подключите генератор экранированным кабелем к гнезду «ГЕНЕРАТОР» на задней панели прибора;

установите на генераторе требуемую частоту измерения и выходное напряжение в пределах от 5 до 10 В;

подключите измеряемый объект и произведите измерение обычным порядком.

Значение измеренной индуктивности отсчитывается непосредственно по шкалам прибора.

Значение измеренной добротности или тангенса угла потерь определяется путем умножения отсчитанного по шкалам прибора значения на частоту генератора в килогерцах.

Пример. При измерении на частоте 2 кГц получен отсчет по шкале Q=2,5, то есть величина добротности будет равна 2,5×2=5.

Погрешность установки частоты генератора ±1%.

10. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

10.1. Ремонт прибора может проводиться только в специализированных ремонтных органах квалифицированными ра-

ботниками, хорошо изучившими схему и конструкцию измерителя, имеющими право работы с высоким напряжением до 1000 В.

10.2. Перечень наиболее возможных неисправностей и указания по их устранению приведены в табл. 5.

Таблица 5

Наименование неисправности, внешнее проявление, дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
1. При включении прибора не горит индикаторная лампочка	Перегорела вставка плавкая *Пр1*	Заменить вставку плавкую *Пр1*
	Неисправен выключатель цепи *В6*	Заменить выключатель
	Перегорела индикаторная лампочка *Л2*	Заменить индикаторную лампочку
	Неисправен шнур	Проверить
	Неисправен силовой трансформатор *Тр2*	Заменить силовой трансформатор *Тр2*
2. Нет отклонения стрелки индикаторного прибора в режиме измерения $R_{=}$	Неисправен индикаторный прибор *ИП1*	Проверить микроамперметр *ИП1* и потенциометры *R1, R3*
	Нет напряжения постоянного тока	Проверить наличие напряжения постоянного тока на контактах *4* и *5* платы *У6*
	Нет контакта в переключателе «*L*, *C*, *R*~, $R_{=}$»	Проверить контакт в переключателе *В1* цепи В1—6 (12 контакт), В1—1 (6 контакт)
	Неисправна мостовая схема	Проверить контакт резистора *R4*
3. Нет отклонения индикаторного прибора в режиме измерения *C*, *L*, или *R*~	Не поступает напряжение от генератора	Проверить наличие напряжения на потенциометре *R18*
	Неисправен усилитель	Проверить усилители *У1* и *У2*
	Нет контакта в переключателе «*L*, *C*, *R*~, $R_{=}$»	Проверить контакты в переключателе *В1*
	Неисправна мостовая схема	Проверить контакты в мостовой схеме множителя *C1*, *C4*
4. Прибор не работает на одном из пределов измерения	Неисправен переключатель «ПРЕДЕЛЫ»	Проверить наличие контакта в цепи переключателя *В2*, соответствующей неработающему пределу

Продолжение табл. 5

Наименование неисправности, внешнее проявление, дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
5. Не горит сигнальная лампочка множителя «*L*, *C*×10»	Неисправна лампочка *Л1*	Проверить лампочку и в случае неисправности заменить
6. Нет баланса моста	Неисправен соединительный кабель	Сменить или отремонтировать кабель

Примечания: 1. Для устранения неисправностей измеритель необходимо вскрыть в соответствии с п. 4.3. Устранив неисправность, следует опломбировать прибор в соответствии с п. 5.5 и сделать запись о произведенном ремонте в формуляре. При устранении неисправностей по пп. 4 и 6 табл. 5 перед опломбированием должна быть проведена поверка в соответствии с разделом 12.

2. При ремонте кабеля (п. 6 табл. 5) в качестве флюса должна быть применена кусковая канифоль марки К или В. Очистку мест пайки от флюса проводить механическим способом. Рисунки, поясняющие конструкцию кабеля, приведены в приложении 11.

Электрические параметры кабеля после сборки должны быть:

а) сопротивление изоляции кабеля, измеренное прибором В7-26* между каждой из центральных жил и соответствующим экраном, не менее 20 МОм;

б) постоянное напряжение между каждой из центральных жил и соответствующим экраном, измеренное прибором В2-25*, не более 0,1 мВ;

в) сопротивление каждой из центральных жил кабеля, измеренное прибором Е7-8*, 75±3 МОм.

Если при ремонте пришлось укоротить длину кабеля и сопротивление каждой центральной жилы оказалось менее 72 МОм, прибор должен быть проверен и при необходимости отрегулирован. Проверка производится измерением меры № 17 (табл. 13) на пределе 10 Ом.

Если погрешность измерения меры превышает 2%, следует произвести подрегулировку вращением шлица потенциометра R2.

* Допускается применение других приборов, обеспечивающих измерение указанных параметров.

11. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Осмотр внутреннего и внешнего состояния монтажа и узлов прибора производится после истечения гарантийного срока один раз в два года.

Проверяется крепление узлов, состояние паек, контактов, качество работы переключателей, удаляется пыль и коррозия. Зачищенные места смазываются консистентной смазкой (технический вазелин или ЦИАТИМ-201).

Порядок проведения профилактических работ:

снимите с прибора верхнюю и нижнюю крышки и струей сжатого воздуха удалите пыль;

выньте печатные платы, с помощью крючков из комплекта ЗИП промойте спиртом контакты печатных плат и переключателей (промывку производить мягкой кистью);

смажьте трущиеся части вышеупомянутой смазкой;

поставьте платы на место и закройте крышки прибора.

В приборе используется резистор типа ПСП—III (поз. 7, рис. 10), имеющий ограниченный срок службы, равный 5000 ч (из расчета 5 измерений в 1 ч времени наработки прибора).

Этот резистор подлежит замене через 5000 ч наработки прибора. Для того, чтобы сменить резистор, нужно проделать следующие операции:

снимите нижнюю крышку прибора;

снимите ручки с осей органов управления, выведенных на переднюю панель;

снимите переднюю панель, предварительно отвинтив крепящие ее винты;

отпаяйте от потенциометра подходящие к нему провода;

отвинтите гайки, крепящие потенциометр к фальшь-панели, и снимите его;

поставьте новый потенциометр и проделайте вышеописанные операции в обратном порядке.

Произведя смену потенциометра, проверьте чувствительность прибора п. 12.3.3 в раздела 12).

12. ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЯ *L*, *C*, *R* УНИВЕРСАЛЬНОГО Е7-11

Настоящий раздел составлен в соответствии с требованиями инструкции комитета стандартов Госстандарта СССР по поверке мостов переменного тока 192—62, устанавливает методы и средства поверки измерителей *L, C, R* универсальных Е7-11, находящихся в эксплуатации, на хранении, выпускаемых из ремонта.

12.1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны производиться операции и применяться средства поверки, указанные в табл. 6.

Таблица 6

Номер пункта раздела поверки	Наименование операций, производимых при поверке	Поверяемые отметки	Допускаемые значения погрешностей, предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				Образцовые	Вспомогательные
12.3.1	Внешний осмотр				
12.3.2	Опробование				Г3-56/1
12.3.3	Определение метрологических параметров:				
	определение погрешности установки частоты генератора	1000 Гц; 100 Гц	±1%	Ч3-38	
	определение начальных параметров прибора		0—0,5 мкГ; 0—0,5 пФ; 0—0,5 Ом		
	определение действительных значений комплексных сопротивлений плеч моста	Образцовый конденсатор, резисторы предела, резисторы отсчета L, C, R, tg δ, Q в каждой оцифрованиой точке шкалы	±0,2% Согласно табл. 12 Согласно табл. 8—11	Е7-8	
	Комплектная поверка моста (определение основной погрешности измерения емкости индуктивности, сопротивления, добротиости, тангенса угла потерь)	В одной или двух точках каждого поддиапазона измерений L, C, R и в двух точках шкалы tg δ и каждой шкалы Q согласно табл. 13	Согласно табл. 13	Р583, Р533, Р534, Р596, Р597, Р58, Р4001	Резисторы типа ОМЛТ С2-13 и т. д.
	Проверка чувствительности прибора	Согласио табл. 14	Согласно табл. 14	Р583, Р534, Р58, Р4001	Резисторы ОМЛТ С2-13 и др.

П р и м е ч а н и я: 1. Вместо указанных в таблице образцовых и вспомогательных средств поверки разрешается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью (согласно табл. 7).

2. Образцовые (вспомогательные) средства поверки должны быть исправны, проверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о государственной или ведомственной поверке.

3. Все перечисленные операции поверки должны производиться только при выпуске средств измерений из ремонта.

Нормативно-технические характеристики рекомендуемых средств поверки приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование средства поверки	Основные технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Примечание
	Пределы измерения	Погрешность		
Частотомер — периодомер цифровой	100, 1000 Гц	$2{,}5 \cdot 10^{-7}$	Ч3-38	
Магазин емкости	0,1 111,1 мкФ	±0,2%	Р583	
Меры емкости образцовые	9 11 нФ	$(0{,}2 + \frac{4}{C_{пф}})$ %	Р597	
Конденсаторы образцовые воздушные	9 11 нФ	0,2%	Р533, Р534	
Измеритель L, C, R цифровой	«С» от 1 пФ до 100 мкФ,	0,1% для C, R, G;	Е7-8	
	«tg δ» от $1 \cdot 10^{-3}$ до 0,15;	$(0{,}02\ \mathrm{tg}\,\delta + 1 \cdot 10^{-3})$ для tg δ		
	«R» от 1 Ом до 1 МОм;			
	«G» от 100 мкОм до 15 МОм			
Меры индуктивности образцовые	0,9—1,1 Г	$\pm(0{,}2 + \frac{2}{L})$ %	Р596	
Магазин сопротивлений	0,1—111.111,0 Ом	±0,1%	Р58 или Р4830/2	
Магазин сопротивлений	10 кОм — 10 МОм	±0,1%	Р4001	
Генератор сигналов	(5—10) В;	±3%	Г3-56/1	

12.2. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

12.2.1. При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды 293±5 К (20±5°С);

относительная влажность воздуха 65±15%;

атмосферное давление 100±4 кПа (750±30 мм рт. ст.);

напряжение источника питания 220±4,4 В, частотой 50±0,5 Гц, содержание гармоник до 5%;

напряженность внешнего электромагнитного поля не превышает величины, при которой напряжение, наводимое на измеряемый объект, достигает 10 мВ (только для режима измерения сопротивлений на постоянном токе).

12.2.2. Перед проведением операций поверки выполните подготовительные работы, оговоренные в разделе «ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ» ТО:

проверьте комплектность в соответствии с табл. 4;

разместите поверяемый измеритель на рабочем месте, обеспечив удобство работы;

соедините проводом клемму защитного заземления измерителя « ⏚ », расположенную на задней стенке корпуса, с шириной заземления;

подсоедините к гнездам *L, C, R* измерителя соединительный кабель ЕЭ4.853.001;

подключите измеритель к сети переменного тока с напряжением 220 В, частотой 50 Гц;

включите измеритель и дайте ему прогреться в течение 15 мин.

12.3. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

12.3.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должны быть проведены все требования по п. 6.1 раздела «ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ» ТО.

Измерители, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

12.3.2. Опробование

Опробование работы измерителя производится по п. 9.1 раздела «ПОРЯДОК РАБОТЫ» ТО для оценки его исправности.

Работоспособность прибора с внешним генератором проверяется на частоте 5 кГц с использованием генератора Г3-56/1 или ему аналогичного. В процессе проверки определяется начальная индуктивность мостовой схемы. Порядок работы описан в подразделах 9.1.3 б и 9.2.12 ТО. Величина начальной индуктивности не должна превышать 0,5 мкГ.

Неисправные измерители бракуются и направляются в ремонт.

12.3.3. Определение метрологических параметров

а) Определение погрешности установки частоты генератора. Погрешность установки частоты определяется путем измерения частотомером частоты напряжения на гнезде «ГЕНЕРАТОР», расположенном на задней стенке корпуса прибора.

Погрешность установки частоты δf подсчитывается по формулам:

$$\delta f = 0{,}1\,(1000 - f_{изм})\ \% \text{ для частоты 1000 Гц;} \quad (13)$$

$$\delta f = (100 - f_{изм})\ \% \text{ для частоты 100 Гц;} \quad (14)$$

где $f_{изм}$ — измеренное значение частоты в герцах.

Величина погрешности не должна превышать ±1%. Результат измерений записывается в протокол, приведенный в подразделе 12.4.

б) Определение основной погрешности измерения емкости, индуктивности, сопротивления, добротности и тангенса угла потерь.

Определение этой погрешности производится методом раздельной поверки в соответствии с п. 3.7 инструкции 192—62 по поверке мостов переменного тока Госстандарта СССР.

Поверка включает в себя:

определение начальных параметров прибора:

определение действительных значений комплексных сопротивлений плеч моста;

комплектную поверку моста по нескольким точкам.

Определение начальных параметров мостовой схемы. Определение начальных параметров производится в следующем порядке:

поставьте переключатель «ЧАСТОТА Hz» в положение «1000», переключатель «L, C, R~, R$_{=}$» в положение «С», пере ключатель «ПРЕДЕЛЫ» — в крайнее правое положение, переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» — в положение «tg δ»;

сбалансируйте мост при разомкнутых концах соединительного кабеля L, C, R вращением шкалы «МНОЖИТЕЛЬ»;

в сбалансированном состоянии отсчет по шкале «МНОЖИТЕЛЬ» не должен превышать 0,5 пФ;

переведите переключатель «L, C, R~, R=» в положение «L», переключатель «ПРЕДЕЛЫ» — в крайнее левое положение;

замкните зажимы соединительного кабеля медной или алюминиевой пластиной шириной не менее 2 мм или проводом соответствующего диаметра и сбалансируйте мост врещением ручки плавной шкалы «МНОЖИТЕЛЬ»;

отсчет по шкале «МНОЖИТЕЛЬ» не должен превышать 0,5 мкГ;

переведите переключатель «L, C, R~, R=» в положение «R~» и вновь сбалансируйте мост вращением шкалы «МНОЖИТЕЛЬ»;

отсчет по шкале «МНОЖИТЕЛЬ» не должен превышать 0,5 Ом.

Определение действительных значений комплексных сопротивлений плеч моста. Проверка производится с прибором, отключенным от сети (шнур отсоединен от сети, тумблер сеть в выключенном положении) и снятом с него защитном заземлении в изложенной ниже последовательности.

Определение действительных значений сопротивлений плеча отсчета «МНОЖИТЕЛЬ». Определение производится в следующем порядке:

разомкните клеммы «$\frac{30V}{30mA}$» на задней стенке корпуса прибора;

подключите прибор Е7-8 зажимом «U, I» к клемме корпус прибора Е7-11 и зажимом «U′, I′» к зажиму «—» соединительного кабеля прибора Е7-11 в соответствии с рис. 14 (соединение зажимов соединительных кабелей приборов Е7-8 и Е7-11 должно быть осуществлено посредством подключения их к медной или алюминиевой пластине шириной не менее 2 мм или к проводу соответствующего диаметра вплотную друг к другу);

установите на приборе Е7-8 режим измерения сопротивлений, то есть переключатель «C, G — L, R» в положение «L, R» и переключатель «R, G — tg δ» в положение «R, G»,

установите переключатель «L, C, R~, R=» испытуемого прибора в положение «L» и переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» в положение «tg δ»;

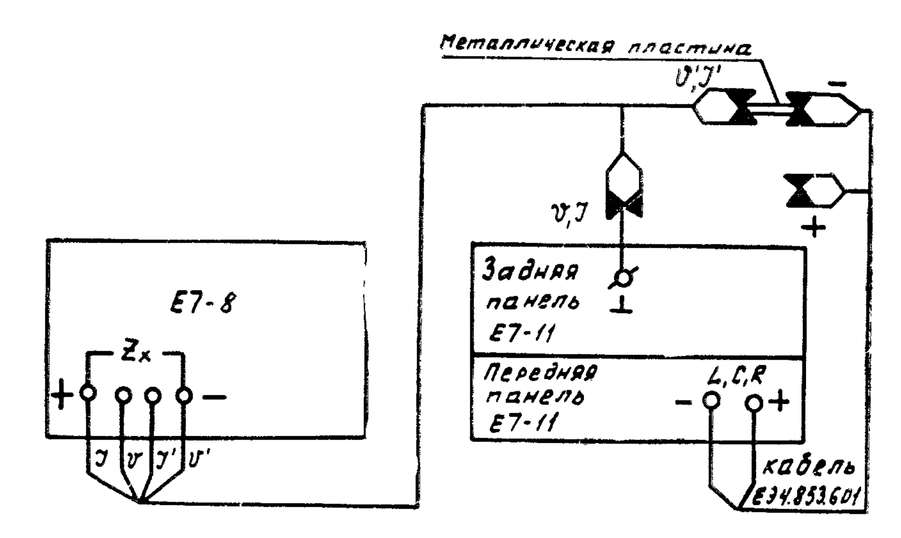


Рис. 14. Схема структурная соединений приборов Е7-8 и Е7-11 (определение сопротивления плеча «Множитель»)

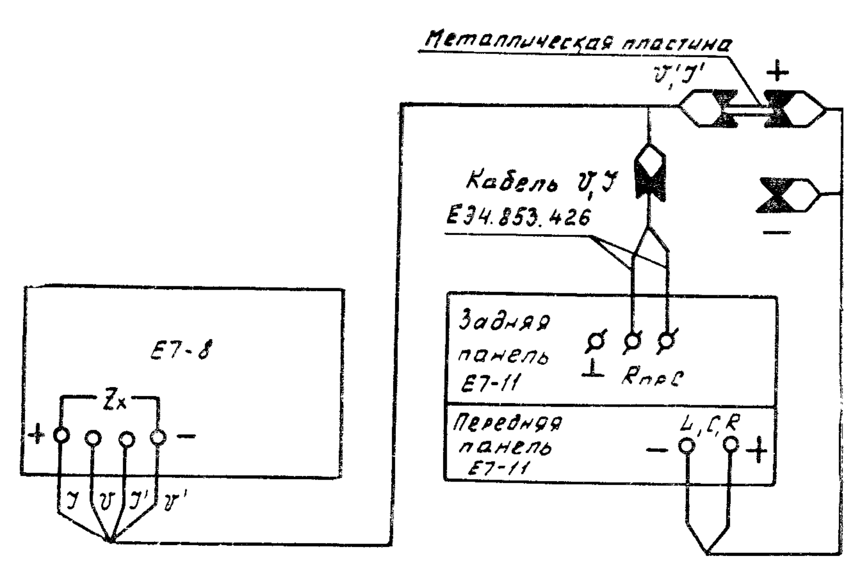


Рис. 15. Схема структурная соединений прибора Е7-8 и Е7-11 (определение сопротивлений плеча пределов)

прибором Е7-8 согласно инструкции по его эксплуатации измерьте сопротивления, соответствующие значениям шкалы «МНОЖИТЕЛЬ», указанным в табл. 8; измеренные величины сопротивлений не должны выходить за границы допустимых значений, приведенных в табл. 8.

Таблица 8

Отсчет по шкале «МНОЖИТЕЛЬ»	Допустимое сопротивление, Ом	Отсчет по шкале «МНОЖИТЕЛЬ»	Допустимое сопротивление, Ом
0,110	109,6—110,4	0,10	99,6—100,4
0,120	119,5—120,5	0,20	199,4—200,6
0,130	129,5—130,6	0,30	299,1—300,9
0,140	139,4—140,6	0,40	398,8—401,2
0,150	149,4—150,6	0,50	498,5—501,5
0,160	159,4—160,6	0,60	598,2—601,8
0,170	169,3—170,7	0,70	697,9—702,1
0,180	179,3—180,7	0,80	797,6—802,4
0,190	189,3—190,7	0,90	897,3—902,7
0,2 (0,1+0,1)	199,2—200,8	1,00	997,0—1003

Определение действительных значений емкости образцового конденсатора и сопротивлений отсчета тангенса угла потерь и добротности. Эта операция ведется в следующем порядке:

переведите переключатель «L, C, R~, R=» в положение «C»;

поставьте прибор Е7-8 в режим измерения «C» и «tg δ» (переключатель «C, G — L, R» в положение «C, G», переключатель «R, G — tg δ» в «tg δ»);

установите шкалу «tg δ» в нулевое положение;

измерьте прибором Е7-8 значение емкости образцового конденсатора C_0 и начальное значение тангенса угла потерь ($\operatorname{tg}\delta_0$);

измеренное значение C_0 не должно отличаться от 100,0 нФ более, чем на ±0,3%;

переведите переключатель «ЧАСТОТА Hz» в положение «100» и измерьте новое значение емкости образцового конденсатора; оно не должно отличаться от 1 мкФ более, чем на ±0,3%;

вновь установите переключатель «ЧАСТОТА Hz» в положение «1000»;

последовательно устанавливая на шкале «tg δ» испытуемого прибора значения $\operatorname{tg}\delta_{шк}$ согласно табл. 10, измерьте прибором Е7-8 соответствующие им значения тангенса угла потерь ($\operatorname{tg}\delta_{изм}$); измеренные величины $\operatorname{tg}\delta_{изм}$, уменьшенные на величину $\operatorname{tg}\delta_0$, не должны выходить за пределы, приведенные в табл. 9;

Таблица 9

gt $\delta_{шк}$	$\operatorname{tg}\delta_{изм} - \operatorname{tg}\delta_0$	$\operatorname{tg}\delta_{шк}$	$\operatorname{tg}\delta_{изм} - \operatorname{tg}\delta_0$
0,002	0,0008—0,0032	0,04	0,0328—0,0472
0,004	0,0016—0,0056	0,05	0,0420—0,0580
0,006	0,0024—0,0096	0,07	0,0609—0,0791
0,008	0,0040—0,0120	0,1	0,0880—0,1120
0,1	0,0060—0,0140	0,12	0,1068—0,1332
0,014	0,0098—0,0182		
0,02	0,0144—0,0256		
0,03	0,0237—0,0363		

переведите переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» в положение «Q>0,5»;

поставьте прибор Е7-8 в режим измерения «C, G» (переключатель «R, G — tg δ» переведите в положение «R, G»);

измерьте прибором Е7-8 проводимость $G_{изм}$ в точках шкалы «Q>0,5» испытуемого прибора: 0,5; 1; 2; 3; 4 и 5;

значения $G_{изм}$ не должны выходить за пределы, указанные в табл. 11;

переведите прибор Е7-8 в режим измерения «C, tg δ» (переключатель «R, G — tg δ переведите в положение «tg δ»);

измерьте прибором Е7-8 тангенс угла потерь $\operatorname{tg}\delta_{изм}$ для остальных точек шкалы «Q>0,5» согласно табл. 11;

измеренные значения $\operatorname{tg}\delta_{изм}$ не должны выходить за пределы, указанные в табл. 10;

Таблица 10

$Q_{шк}$	$G_{изм}$, мкСм	$Q_{шк}$	$\operatorname{tg}\delta_{изм}$
0,5	1163—1365	7	0,1298—0,1587
1	581,5—682,6	10	0,0892—0,1136
2	290,7—341,3	12	0,0741—0,0952
3	192,0—230,0	14	0,0629—0,0826
4	144,0—172,5	16	0,0546—0,0730
5	114,2—139,5	18	0,0483—0,0653
		20	0,0431—0,0595
		24	0,0354—0,0505
		28	0,0299—0,0442
		32	0,0259—0,0394

переведите переключатель «Q>0,5, Q<0,5 tg δ» в положение «Q<0,5»;

поставьте прибор Е7-8 в режим измерения «С» и «G» (верните переключатель «R, G — tg δ» в положение «R, G») и измерьте им проводимость для точек шкалы «Q<0,5» испытуемого прибора согласно табл. 11;

измеренные значения проводимости $G_{изм}$ не должны выходить за пределы, указанные в табл. 11.

Таблица 11

$Q_{шк}$	$G_{изм}$, мСм
0,05	11,30—13,80
0,06	9,43—11,51
0,07	8,087—9,867
0,08	7,083—8,655
0,1	5,814—6,826
0,14	4,153—4,875
0,2	2,907—3,413
0,3	1,938—2,275
0,4	1,453—1,706
0,5	1,162—1,365

Определение действительных сопротивлений плеча пределов. Определение производится в следующем порядке:

установите переключатель «L, C, R~, R=» в положение «L»;

один из зажимов кабеля (из комплекта прибора) подсоедините к клемме $R_{пр}$, а второй к клемме «СМЕЩЕНИЕ С»;

подсоедините прибор Е7-8 зажимом «U, I» к общему выводу кабеля, зажимом «U′, I′» к зажиму соединитнльного кабеля прибора Е7-11, обозначенному знаком «+», и третьим корпусным зажимом к клемме защитного заземления (структурная схема соединений приборов изображена на рис. 15; соединение зажимов соединительных кабелей должно производиться через пластину или провод, как и для рис. 14);

измерьте сопротивление плеча пределов в каждом из положений переключателя «ПРЕДЕЛЫ»;

измеренные значения не должны выходить за границы, указанные в табл. 12.

Закончив эту проверку прибора, замкните перемычкой клеммы «30V 30m A», заземлите клемму защитного заземления

«  », подсоедините к сети соединительный шнур, включите прибор и проводите дальнейшую проверку прибора.

Комплектная поверка моста. Комплектная поверка производится путем определения основных погрешностей измерения по образцовым мерам емкости, индуктивности и сопротивления.

Таблица 12

Предел измерения	Допустимые значения сопротивления
1	0,995—1,005 Ом
2	9,97—10,03 Ом
3	99,7—100,3 Ом
4	0,997—1,003 кОм
5	9,97—10,03 кОм
6	99,7—100,3 кОм
7	0,997—1,003 МОм

Значения мер и частоты, на которых они должны быть измерены, приведены в табл. 13.

Погрешность аттестации мер емкости и индуктивности не должна превышать одной пятой основной погрешности измерения поверяемого параметра .

В качестве мер емкости свыше 10 пФ должны быть использованы конденсаторы двухэлектродной конструкции, с емкостью ниже 10 пФ — трехэлектродной или двухэлектродной.

Если действительное значение емкости мер Р597 при двухзажимной схеме включения неизвестно, оно может быть определено измерением на приборе Е7-8.

В качестве меры емкости № 16 может быть использован образцовый воздушный конденсатор, если нет меры, аттестованной на 100 Гц.

В качестве меры тангенса угла потерь и добротности могут быть использованы образцовые конденсаторы, соединенные для получения необходимых значений потерь с дополнительными резисторами. Величины сопротивления резисторов и вид их соединений с конденсаторам указаны в соответствующих графах таблицы. В качестве дополнительных резисторов могут быть рекомендованы резисторы типа МЛТ-0,25, С2-13 и др.

Таблица 13

Условный номер	Нормальная частота, Гц	Предел	Значение меры: C, L или R	Значение меры: tg δ (Q)	Тип меры	Дополнительный резистор	Вид соединения
1	1000	1	90—100 мкФ	0,005—0,015	Р583	120—280 Ом	Параллельное
2	1000	1	10—11 мкФ	0,005—0,015	Р583	1,2—2,8 кОм	»
3	1000	2	9—11 мкФ	0,005—0,015	Р583	1,2—2,8 кОм	»
4	1000	3	900—1100 нФ	0,005—0,015	Р583, Р544	12,0—28,0 кОм	»
5	1000	4	90—110 нФ	0,005—0,015	Р544	120—280 кОм	»
6	1000	5	9—11 нФ	0,09—0,1		170—180 кОм	»
7	1000	5	9—11 нФ	1—2 (Q)		18—32 кОм	»
8	1000	5	9—11 нФ	25—30 (Q)	Р534, Р533, или Р597	440—470 кОм	»
9	1000	5	9—11 нФ	0,1—0,2 (Q)		1,8—3,2 кОм	»
10	1000	5	9—11 нФ	0,4—0,5 (Q)		7—8 кОм	»
11	1000	6	900—1100 пФ	0,005—0,015		1—2,4 кОм	Последовательное
12	1000	7	90—110 пФ	0,005—0,015		10—24 кОм	»
13	1000	7	10—15 пФ	0,005—0,015		80—150 кОм	»
14	1000	7	1—1,5 пФ	—	Р597		
15	1000	6	900—1000 кОм		Р4001		
16	100	7	900—1100 пФ	0,005—0,015	Р533, Р534 или Р597	10—24 кОм	Последовательное
17	100	1	9—10 Ом		Р58 или Р4830/2		
18	100	7	9—10 МОм		Р4001		
19	постоянный ток	1	9—10 Ом		Р58 или Р4830/2		
20		7	9—10 МОм		Р4001		
21	100	4	0,9—1,1 Г		Р596		

Действительное значение меры № 21 на частоте 100 Гц определяется путем линейной интерполяции по данным аттестата.

Допускается вместо образцовых мер емкости и сопротивления на частоте 1000 Гц использовать стабильные промышленные конденсаторы (КСО, СГМЗ и т. д.) и резисторы (МЛТ, С2-13 и т. д.) соответственно.

Параметры конденсаторов (емкости и тангенс угла потерь) и резисторов (сопротивление) определяются измерением на приборе Е7-8 непосредственно перед измерением на испытуемом измерителе Е7-11. Значение сопротивления на частоте 100 Гц и постоянном токе принимается равным значению, измеренному прибором Е7-8.

Результаты измерения записываются в протокол, выполненный по форме, приведенной в подразделе 12.4.

Определение основной погрешности измерения емкости тангенса угла потерь и добротности. Проверка производится в следующем порядке:

для мер, подлежащих измерению на 1000 Гц, из табл. 12 согласно пределам образцовой меры емкости выберите дополнительный резистор с величиной сопротивления, лежащей в пределах, указанных в таблице (если собственный тангенс угла потерь образцового конденсатора больше $5 \cdot 10^{-3}$, дополнительный резистор брать не следует);

подсоедините резистор к конденсатору согласно табл. 13 и полученную цепь измерьте прибором Е7-8 в форме C и tg δ, кроме мер № 9 и 10, которые измеряются как C и G;

соединение резистора с конденсатором измерьте на испытуемом приборе в режимах, указанных в табл. 13;

определите погрешность измерения по формулам:

$$\Delta C = C_{изм} - C; \tag{15}$$

$$\Delta C = C_{изм} - C(1 + \mathrm{tg}^2 \delta) \text{ для меры 6}; \tag{16}$$

$$\delta Q = \frac{Q_{изм} - Q}{Q} \cdot 100\%; \tag{17}$$

$$\Delta\, \mathrm{tg}\, \delta = \mathrm{tg}\, \delta_{изм} - \mathrm{tg}\, \delta, \tag{18}$$

где $C_{изм}$, $\mathrm{tg}\, \delta_{изм}$, $Q_{изм}$ — измеренные испытуемым прибором значения емкости, тангенса угла потерь и добротности;

C, $\mathrm{tg}\, \delta$, Q — значения C, $\mathrm{tg}\, \delta$, Q, измеренные прибором Е7-8;

$Q = 1/\mathrm{tg}\, \delta$ — для мер 7, 8;

$Q = \omega C/G$ — для мер 9 и 10.

Расчет погрешности измерения меры № 16 на частоте 100 Гц производится по этим же формулам, но за величину C принимается значение емкости образцового конденсатора по свидетельству на него, если есть аттестация его на частоте 100 Гц, или значение емкости, измеренное прибором Е7-8, а за $\operatorname{tg}\delta$ принимается величина: $\operatorname{tg}\delta = \omega C R_д$;

где $R_д$ — сопротивление дополнительного резистора, измеренное предварительно на приборе Е7-8.

Полученные погрешности измерений не должны превышать величин основных погрешностей, указанных в п. 2.3.

Определение основной погрешности измерения индуктивности. Погрешность измерения индуктивности определяется только по мере № 21 табл. 13, измеренной на приборе Е7-11 в режиме L, Q. Величина погрешности рассчитывается по формуле:

$$\delta L = \frac{L_{изм} - L}{L} \% \quad (19)$$

где $L_{изм}$ — значение индуктивности, измеренное на испытуемом приборе;

L — значение индуктивности, полученное из свидетельства на меру методом линейной интерполяции по аттестации на частотах 50 и 500 Гц.

Полученная величина погрешности не должна превышать значения, указанного в п. 2.3.

Погрешность измерения добротности для меры не определяется.

Определение основной погрешности измерения сопротивлений.

Согласно табл. 13 измерьте образцовые меры сопротивления соответственно на частотах 100, 1000 Гц или постоянном токе и определите погрешность измерения по формуле:

$$\delta R = \frac{R_{изм} - R}{R} \% \quad (20)$$

где R — значение образцовой меры сопротивления по свидетельству на нее;

$R_{изм}$ — значение сопротивления, измеренное на испытуемом приборе.

Основные погрешности измерения не должны превышать значений, указанных в п. 2.3.

в) Проверка чувствительности прибора.

Проверка производится путем измерения мер с условными номерами 2, 13, 17 18, 20 табл. 13. Проверка ведется при максимальном напряжении генератора моста (ручка $U_{ген}$ в крайнем правом положении).

Проверка производится в следующем порядке:

измерьте меру № 2 и отметьте положение баланса;

вращением шкалы «МНОЖИТЕЛЬ» разбалансируйте мост по емкости, отойдя от баланса на величину, указанную в табл. 14, при этом стрелка индикатора должна отклониться от своего положения при балансе не меньше, чем на половину деления шкалы;

верните мост в состояние баланса и затем разбалансируйте его по потерям вращением шкалы «$\operatorname{tg}\delta$», отойдя от положения баланса на величину, указанную в табл. 14; при этом стрелка индикатора должна отклониться от своего положения при балансе также не меньше, чем на половину деления шкалы;

аналогично проверьте чувствительность при измерении остальных мер при разбалансировке моста согласно табл. 14.

Таблица 14

Условный номер меры	Отклонение от баланса	
	C или R	$\operatorname{tg}\delta$
2	±0,1 мкФ	$\pm 3\cdot 10^{-3}$
13	±0,2 пФ	$\pm 3\cdot 10^{-3}$
17	±0,12 Ом	—
18	±0,1 МОм	—
20	±0,1 МОм	

Результаты измерения оформляются в виде протокола (приложение 6).

12.4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.4.1. При ведомственной поверке результаты поверки записываются в раздел формуляра «Периодический контроль основных нормативно-технических характеристик».

В случае отрицательного результата поверки запись должна содержать сведения о параметрах, по которым прибор не соответствует техническим условиям, и указания о запрещении выпуска прибора в обращение.

Результаты поверки оформляются протоколами по форме, приведенной ниже (см. протокол 1—3).

ПРОТОКОЛ № 1

Определение погрешности установки частоты прибора

Номинальное значение частоты, Гц	Измеренное значение частоты, Гц	Погрешность установки частоты, Гц	Допустимая величина погрешности, Гц
1000			
100			

Вывод: ______________________________
годен, негоден

ПРОТОКОЛ № 2

Определение основной погрешности измерения

Нормальная частота, Гц	Значение меры		Измеренное значение		Погрешность измерения		Допустимая погрешность	
	C, R	$\operatorname{tg}\delta$, Q	C, R	$\operatorname{tg}\delta$, Q	ΔC, ΔR	$\Delta\operatorname{tg}\delta$, ΔQ	ΔC, ΔR	$\Delta\operatorname{tg}\delta$, ΔQ

Вывод: ______________________________
годен, негоден

ПРОТОКОЛ № 3

Проверка чувствительности индикатора прибора

Нормальная частота, Гц	Измеренное значение меры		Полученное отклонение		Допустимое отклонение, не более	
	C, R	$\mathrm{tg}\,\delta$	$\Delta C, \Delta R$	$\Delta \mathrm{tg}\,\delta$	$\Delta C, \Delta R$	$\Delta \mathrm{tg}\,\delta$

Вывод: ____________________ годен, негоден

13. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

13.1. Приборы, прибывшие для кратковременного (гарантийного) хранения до 12 месяцев, должны храниться в отапливаемых хранилищах при температуре воздуха от +5°С до +40°С, относительной влажности до 80% при температуре +25°С или в неотапливаемых хранилищах при температуре воздуха от —50 до +40°С, относительной влажности до 98% при температуре +25°С в упакованном виде.

13.2. Приборы, прибывшие для длительного хранения (более 12 месяцев), должны храниться в укладочном ящике при температуре окружающего воздуха от —40°С до +30°С, относительной влажности до 98% при температуре +20°С.

13.3. В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, вызывающих коррозию.

13.4. Срок длительного хранения в капитальных отапливаемых помещениях 10 лет. Срок длительного хранения в капитальных неотапливаемых помещениях 5 лет.

14. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

14.1. ТАРА, УПАКОВКА И МАРКИРОВАНИЕ УПАКОВКИ

14.1.1. Упаковка приборов должна производиться в нормальных условиях.

14.1.2. От измерителя отсоединяется соединительный кабель. Измеритель размещается между амортизаторами в картонной коробке и помещается в транспортный ящик, который внутри обит битумной бумагой.

Соединительный кабель вместе с комплектом ЗИП укладывается в картонную коробку и размещается в боковом отсеке транспортного ящика.

Пространство между стенками, дном и крышкой транспортного ящика и прибором заполняется до уплотнения прокладками из гофрированого картона.

14.1.3. Приборы, поставляемые с приемкой заказчика, укладываются в укладочный ящик. Эксплуатационная документация помещается в укладочный ящик, помещенная предварительно в конверт из оберточной бумаги.

Пространство между стенками, дном, крышкой транспортного ящика и укладочным ящиком заполняеся до уплотнения прокладками из гофрированного картона. Толщина уплотнительного слоя должна быть не менее 40 мм.

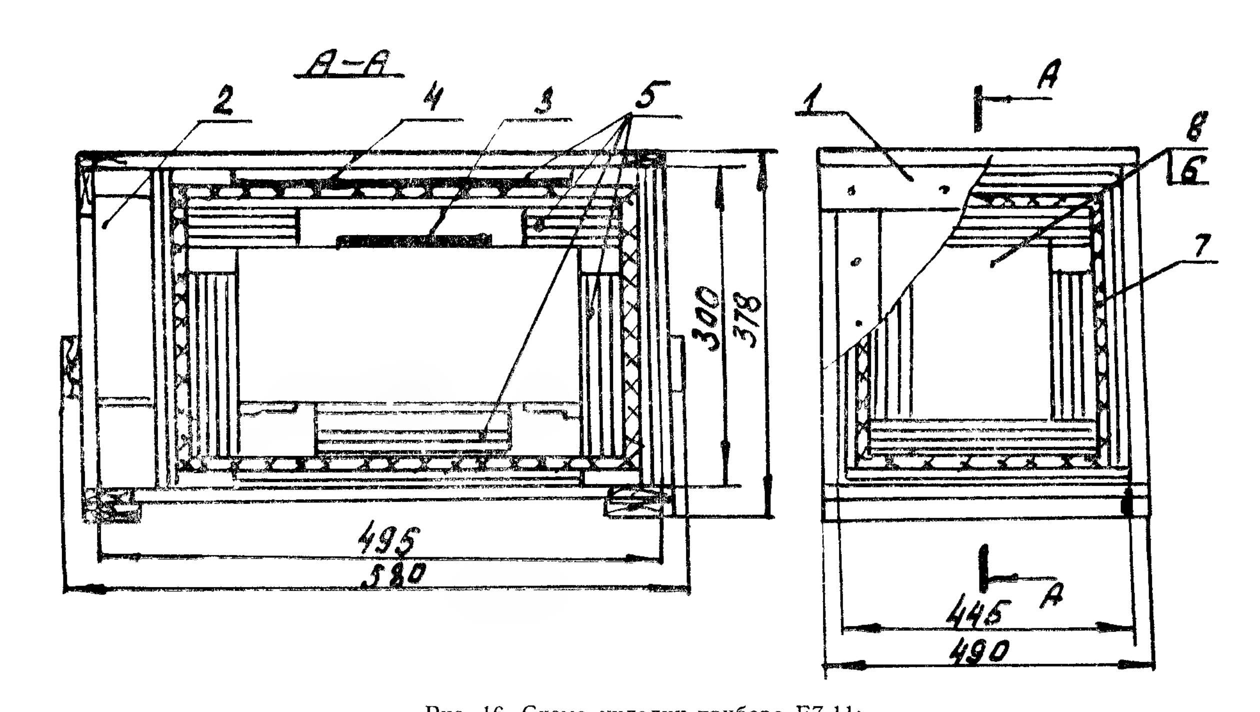


Рис. 16. Схема укладки прибора Е7-11:

1 — ящик транспортный; *2* — комплект комбинированный; *3* — эксплуатационная документация; *4* — товаросопроводительная документация; *5* — вкладыши; *6* — бумага оберточная Б 70 серия ГОСТ 8273—76; *7* — коробка упаковочная; *8* — прибор Е7-11

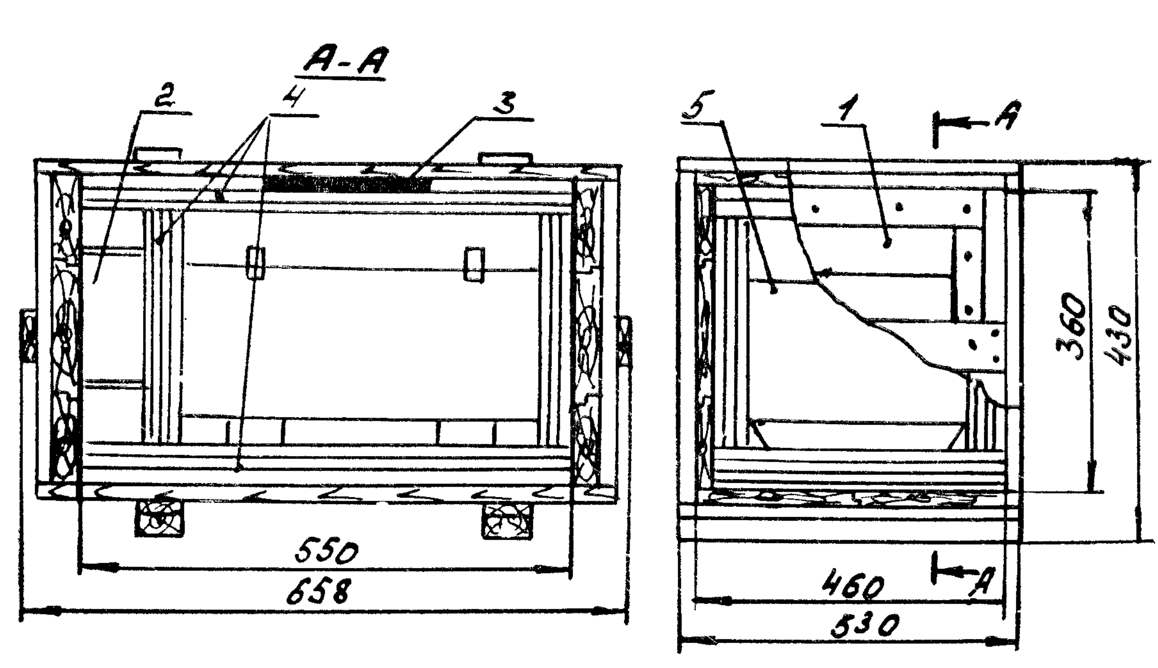


Рис. 17. Схема укладки прибора Е7-11 с приемкой заказчика:

1 — ящик транспортный; *2* — комплект комбинированный; *3* — товаросопроводительная документация; *4* — вкладыши; *5* — прибор Е7-11 с укладочным ящиком

На верхней слой прокладочного материала под водонепроницаемую обивку верхней крышки транспортного ящика вкладывается товаросопроводительная документация — упаковочный лист и ведомость упаковки.

14.1.4. Крышка транспортного ящика прибивается гвоздями, ящик обивается стальной лентой, закрепляется в замок и пломбируется.

14.1.5. Маркировку ящика производить по ГОСТ 14192—71. Эскизы схемы укладки прибора приведены на рис. 16 и 17.

14.2. УСЛОВИЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

14.2.1. Транспортирование прибора потребителю в транспортной таре осуществляется всеми видами транспорта без принятия дополнительных мер при температуре окружающего воздуха от —50 °С до +60 °С.

14.2.2. В процессе транспортирования должна быть предусмотрена защита прибора от попадания атмосферных осадков и пыли. Не допускается кантование прибора.

14.2.3. При эксплуатации прибор может транспортироваться с объекта на объект:

а) в транспортном ящике железнодорожным транспортом на расстояние до 10 000 км;

б) в укладочном ящике автомобильным транспортом на расстояние не более 1000 км (по шоссейным дорогам со скоростью до 60 км/ч и грунтовым дорогам со скоростью 20—40 км/ч).

14.2.4. Перед транспортированием прибора во время эксплуатации вторичная упаковка производится в соответствии с п. 14.1.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Перечень элементов схемы электрической принципиальной измерителя *L*, *C*, *R* универсального Е7-11

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
R1	Резистор СП4-1а-1 кОм-А-12	1	
R2	Резистор СП4-1а-100 Ом-А-12	1	
R3	Резистор IIСП-III $\frac{0,5\text{-}100\ кОм\pm20\%\text{-}А}{1\text{-}100\ кОм\pm20\%\text{-}А}$ ВС-2-20	1	
R4	Резистор С2-13-0,25-100 Ом±0,1%-Б	1	
R5	Резистор С2-13-0,25-63,4 Ом±0,5%-Б	1	
R6	Резистор ОМЛТ-0,125-1 МОм±10%	1	
R7	Резистор ОМЛТ-0,125-100 кОм±10%	1	
R8	Резистор ОМЛТ-0,125-10 кОм±10%	1	
R9	Резистор С2-13-0,25-102 кОм±0,1%-Б	1	
R10	Резистор С2-13-0,25-10,2 кОм±0,1%-Б	1	
R11	Резистор С2-13-0,25-10 кОм±0,1%-Б	1	
R12	Резистор С2-13-0,25-100 Ом±0,1%-Б	1	
R13	Резистор С2-13-0,25-898 кОм±0,1%-Б	1	
R14	Резистор С2-13-0,25-89,8 кОм±0,1%-Б	1	
R15	Резистор С2-13-0,25-1 кОм±0,1%-Б	1	
R16	Резистор С2-13-0,25-10 Ом±0,5%-Б	1	
R17	Резистор С2-13-0,25-1 Ом±0,5%-Б	1	
R18	Резистор 1СП1-1-4,7 кОм±20%-А-ВС-2	1	
R19	Резистор ОМЛТ-0,25-8,2 Ом±5%	1	
R20 *	Резистор ОМЛТ-0,25-560 Ом±5%	1	Подбирается от 470 до 680 Ом
R21	Резистор ОМЛТ-0,25-750 Ом±10%	1	
R22 **	Резистор ОМЛТ-0,25-51 кОм±10%	1	По необходимости
C1	Конденсатор ССГ-2-99100±0,3%	1	
C2 *	Конденсатор СГМ3-А-а-Г-100 пФ±3 пФ	1	Подбирается от 100 до 301 пФ
C3	Конденсатор КПВ-100	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
С4	Конденсатор МПГ-П-250 В-1 мкФ±0,1%	1	
С5	Конденсатор К71-4-1,0 мкФ±10%	1	
С6	Конденсатор 1КПВМ-4	1	
С7	Конденсатор 1КПВМ-1	1	
С8 *	Конденсатор КМ-5б-Н90-0,022 мкФ изолированный	1	Подбирается от 0,015 до 0,033 мкФ
С9 *	Конденсатор КМ-6-Н90-0,47 мкФ изолированный	1	Подбирается от 0,39 до 0,68 мкФ
В1	Переключатель 5П6Н-К8К	1	
В2	Переключатель 11П3Н-К8К	1	
В3, В4	Переключатель П1М-3П6Н-П-2	2	
В5, В6	Тумблер ТП1-2	2	
Гн1	Гнездо	1	
ИП1	Микроамперметр М4248-100-0-100 мкА 4 кл.	1	
ИП2	Счетчик ЭСВ-2,5-12,6/0	1	
Кл1	Клемма	1	
Кл2... Кл6	Клемма	5	
Кн1	Кнопка малогабаритная КМД1	1	
Л1, Л2	Лампа МН6,3—0,3	2	
Пр1	Вставка плавкая ВПІ-1В 0,25 А	1	
Тр1	Трансформатор	1	
Тр2	Трансформатор	1	
У1	Усилитель НЧ резонансный	1	
У2	Усилитель НЧ апериодический	1	
У3	Усилитель опорного напряжения	1	
У4	Генератор 100, 1000 Гц	1	
У5	Выпрямитель	1	
У6	Плата	1	
Ш1... Ш5	Розетка РГ1Н-3-1К	5	
Ш6	Гнездо	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Ш7, Ш8	Штекер	2	
Ш9	Гнездо	1	
	Устройство верньерно-шкальное	1	
R1	Резистор переменный (28,05 кОм±3%+382 Ом±3%)×2	1	*R1—1* и *R1—4* по 28,05 кОм *R1—2* и *R1—3* по 382 Ом
R2	Резистор С2-13-0,25-316 Ом±0,5%-Б	1	
	Устройство регулировочно-отсчетное	1	
R1	Резистор переменный 110 Ом±(0,5%+0,2 Ом) 2,5 Вт	1	
R2... R5	Резистор С2-13-0,25-100 Ом±0,1%-Б	4	
R6...R11	Резистор С2-13-0,25-100 Ом±0,2%-Б	6	
*R12***	Резистор ОМЛТ-0,25-51 кОм±10%	1	
В1	Переключатель 11П2Н-К13К	1	

* Подбирается при регулировании.
** Устанавливается по мере необходимости.

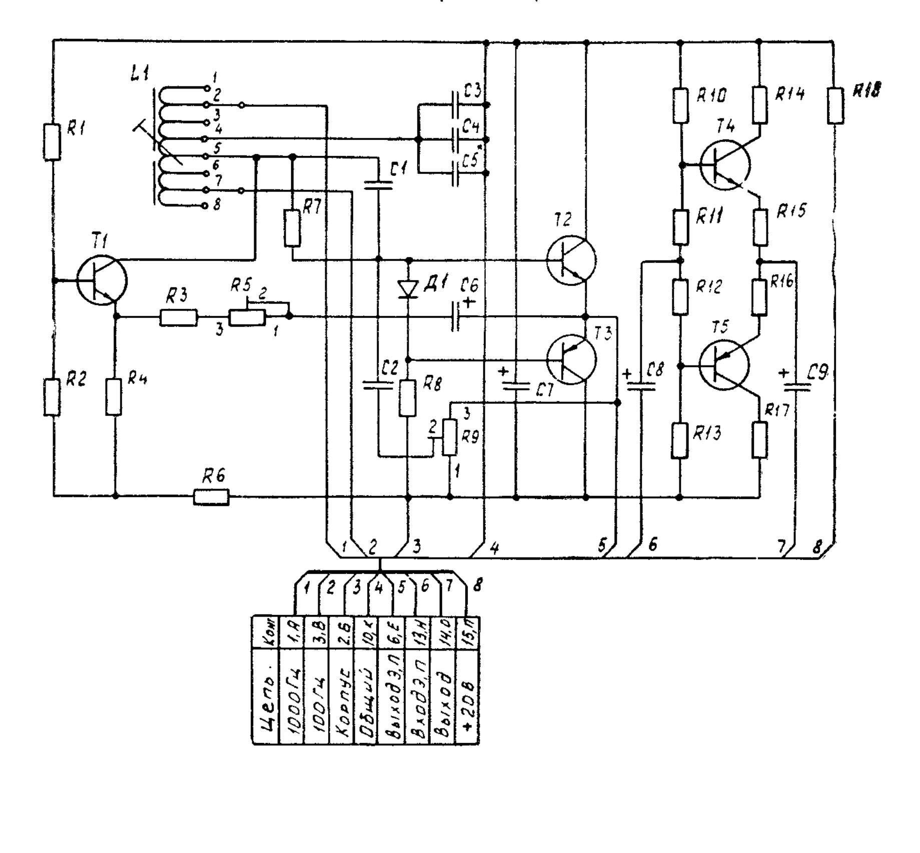
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Перечень элементов схемы электрической принципиальной генератора 100, 1000 Гц

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
R1	Резистор ОМЛТ-0,25-4,7 кОм±10%	1	
R2, R3	Резистор ОМЛТ-0,25-1 кОм±10%	2	
R4	Резистор ОМЛТ-0,25-3,9 кОм±10%	1	
R5	Резистор СП4-1 В-4,7 кОм-А	1	
R6	Резистор ОМЛТ-0,25-430 Ом±5%	1	
R7, R8	Резистор ОМЛТ-0,25-20 кОм±5%	2	
R9	Резистор СП4-1 В-4,7 кОм-А	1	
R10	Резистор ОМЛТ-0,25-20 кОм±5%	1	
R11, R12	Резистор ОМЛТ-0,25-330 Ом±10%	2	
R13	Резистор ОМЛТ-0,25-20 кОм±5%	1	
R14	Резистор ОМЛТ-0,25-8,2 Ом±10%	1	
R15, R16	Резистор ОМЛТ-0,25-27 Ом±10%	2	
R17	Резистор ОМЛТ-0,25-8,2 Ом±10%	1	
R18	Резистор ОМЛТ-0,25-750 Ом±5%	1	
C1	Конденсатор К71-4-0,022 мкФ±10%	1	
C2	Конденсатор К71-4-0,01 мкФ±10%	1	
C3	Конденсатор К71-4-0,47 мкФ±10%	1	
C4	Конденсатор К71-4-0,15 мкФ±10%	1	
*C5 **	Конденсатор К71-4-0,033 мкФ±10%	1	Подбирается от 0 до 0,1 мкФ
C6	Конденсатор К50-6-I-6,3 В-50 мкФ	1	
C7	Конденсатор К50-6-II-25 В-200 мкФ	1	
C8	Конденсатор К50-6-I-16 В-20 мкФ	1	
C9	Конденсатор К50-6-I-16 В-100 мкФ	1	
L1	Катушка индуктивности	1	
Д1	Диод полупроводниковый Д9Ж	1	
	Транзисторы		
T1	2Т312Б	1	
T2	МП11А	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
T3	МП20	1	
T4	МП11А	1	
T5	МП20	1	

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ГЕНЕРАТОРА 100, 1000 Гц

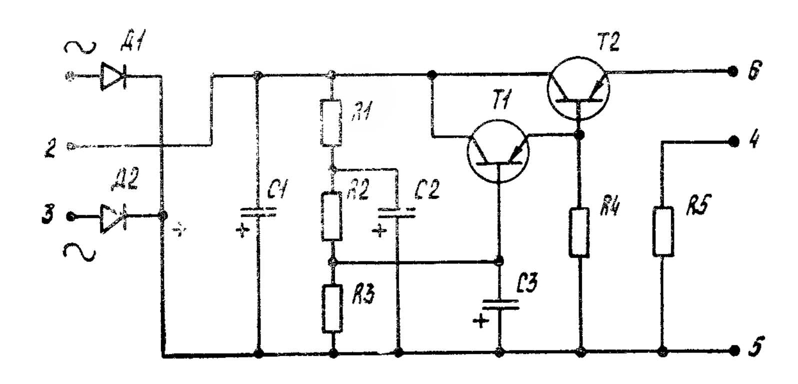


ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Перечень элементов схемы электрической принципиальной платы выпрямителя 1 В

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
R1 ... R3	Резистор ОМЛТ-0,25-820 Ом±10%	3	
R4	Резистор ОМЛТ-0,25-120 Ом±10%	1	
R5	Резистор ОМЛТ-0,25-20 Ом±5%	1	
C1	Конденсатор К50-6II-16 В-1000 мкФ	1	
C2	Конденсатор К50-6II-6,3 В-200 мкФ	1	
C3	Конденсатор К50-6I-10 В-10 мкФ	1	
Д1, Д2	Диод полупроводниковый Д237А	2	
T1	Транзистор МП20	1	
T2	Транзистор П214А	1	

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ПЛАТЫ ВЫПРЯМИТЕЛЯ 1 В

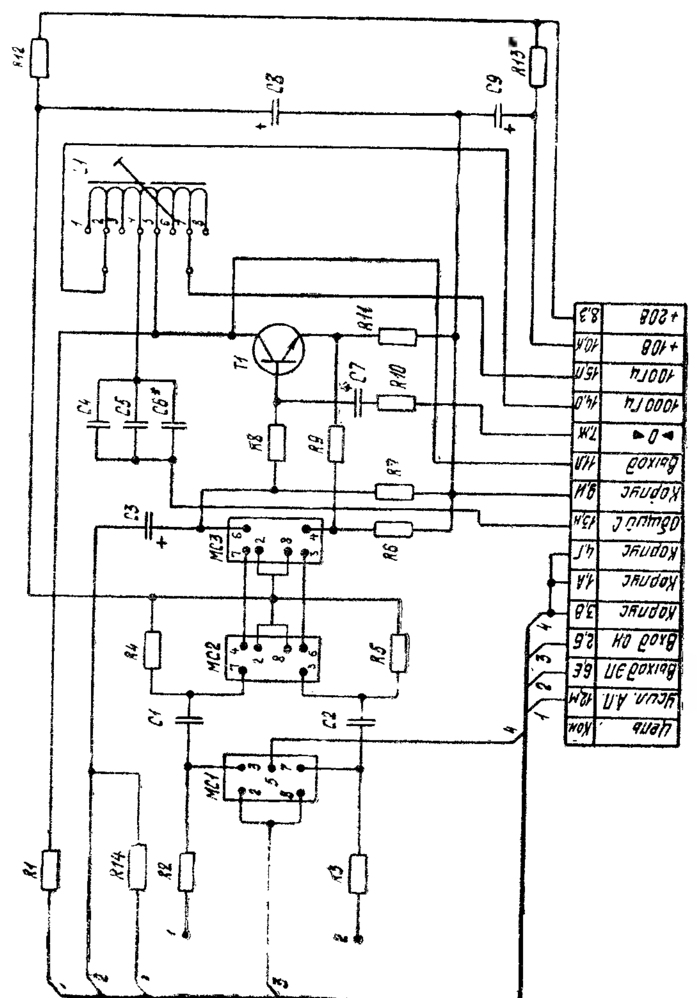


ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Перечень элементов схемы электрической принципиальной усилителя НЧ резонансного

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
R1	Резистор ОМЛТ-0,25-2,2 кОм±10%	1	
R2, R3	Резистор ОМЛТ-0,125-100 кОм±10%	2	
R4, R5	Резистор ОМЛТ-0,25-3 МОм±5%	2	
R6, R7	Резистор ОМЛТ-0,25-2,2 кОм±10%	2	
R8	Резистор ОМЛТ-0,25-680 Ом±10%	1	
R9	Резистор ОМЛТ-0,25-470 Ом±10%	1	
R10	Резистор ОМЛТ-0,25-100 Ом±10%	1	
R11	Резистор ОМЛТ-0,25-470 Ом±10%	1	
R12	Резистор ОМЛТ-0,25-3,6 кОм±5%	1	
*R13 **	Резистор ОМЛТ-0,25-1,3 кОм±5%	1	Подбирается от 1,3 до 1,5 кОм
R14	Резистор ОМЛТ-0,25-10 кОм±10%	1	
C1, C2	Конденсатор КМ-5б-Н30К-0,015 мкФ изолированный	2	
C3	Конденсатор К50-6I-6,3 В-50 мкФ	1	
C4	Конденсатор К71-4-0,47 мкФ±10%	1	
C5	Конденсатор К71-4-0,15 мкФ±10%	1	
*C6 **	Конденсатор К71-4-0,033 мкФ±10%	1	Подбирается от 0 до 0,1 мкФ
C7	Конденсатор К50-6II-6,3 В-200 мкФ	1	
C8	Конденсатор К50-6II-6,3 В-200 мкФ	1	
C9	Конденсатор К50-6II-15 В-200 мкФ	1	
L1	Катушка индуктивности	1	
MC1	Микросхема 1КТ011Г	1	
MC2, MC3	Микросхемы 159НТ1Е	2	
T1	Транзистор МП11А	1	

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ УСИЛИТЕЛЯ НЧ РЕЗОНАНСНОГО



* Подбирают при регулировании.

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ МИКРОСХЕМЫ МС1

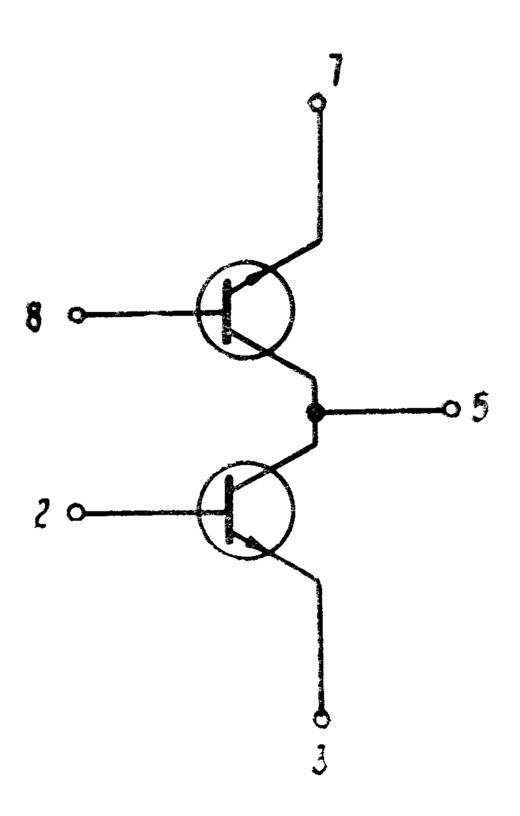
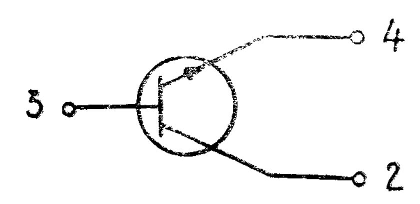
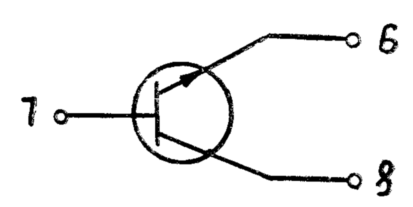


СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ МИКРОСХЕМ МС2, МС3



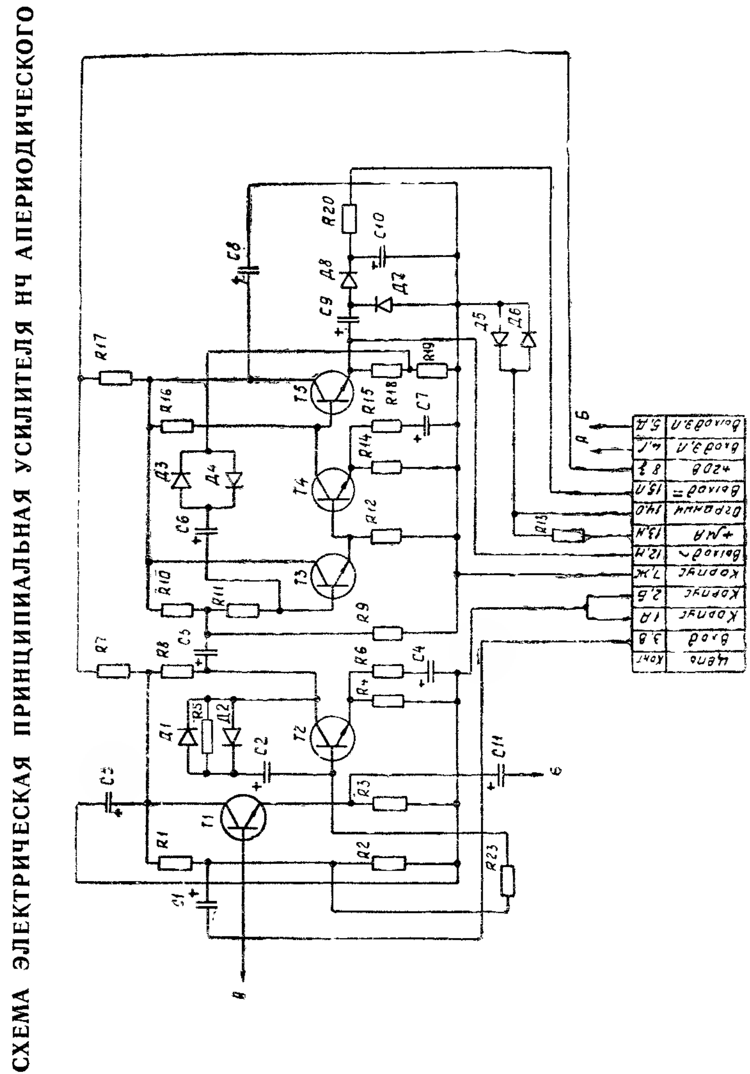


Перечень элементов схемы электрической принципиальной усилителя НЧ апериодического

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
R1	Резистор ОМЛТ-0,25-15 кОм±10%	1	
R2	Резистор ОМЛТ-0,25-10 кОм±10%	1	
R3	Резистор ОМЛТ-0,25-2,2 кОм±10%	1	
R4	Резистор ОМЛТ-0,25-2,4 кОм±5%	1	
R5	Резистор ОМЛТ-0,25-680 кОм±10%	1	
R6	Резистор ОМЛТ-0,25-47 Ом±10%	1	
R7	Резистор ОМЛТ-0,25-1,3 кОм±5%	1	
R8	Резистор ОМЛТ-0,25-2,2 кОм±10%	1	
R9	Резистор ОМЛТ-0,25-10 кОм±10%	1	
R10	Резистор ОМЛТ-0,25-22 кОм±10%	1	
R11	Резистор ОМЛТ-0,25-4,7 кОм±10%	1	
R12	Резистор ОМЛТ-0,25-2,2 кОм±10%	1	
R13	Резистор ОМЛТ-0,25-3 кОм±5%	1	
R14	Резистор ОМЛТ-0,25-1,3 кОм±5%	1	
R15	Резистор ОМЛТ-0,25-47 Ом±10%	1	
R16	Резистор ОМЛТ-0,25-2,2 кОм±10%	1	
R17	Резистор ОМЛТ-0,25-820 Ом±10%	1	
R18	Резистор ОМЛТ-0,25-750 Ом±10%	1	
R19	Резистор ОМЛТ-0,25-240 Ом±10%	1	
R20	Резистор ОМЛТ-0,25-3 кОм±5%	1	
R23	Резистор ОМЛТ-0,25-7,5 кОм±5%	1	
C1	Конденсатор К50-6-I-16 В-1 мкФ	1	
C2	Конденсатор К50-6-I-10 В-20 мкФ	1	
C3	Конденсатор К50-6-II-25 В-100 мкФ	1	
C4	Конденсатор К50-6-II-6,3 В-200 мкФ	1	
C5	Конденсатор К50-6-I-16 В-5 мкФ	1	
C6	Конденсатор К50-6-I-6,3 В-50 мкФ	1	
C7	Конденсатор К50-6-II-6,3 В-200 мкФ	1	
C8	Конденсатор К50-6-II-25 В-100 мкФ	1	
C9 ... C11	Конденсатор К50-6-I-10 В-20 мкФ	3	

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Д1 ... Д6	Диод полупроводниковый Д220	6	
Д7, Д8	Диод полупроводниковый Д9Ж	2	
Т1, Т2	Транзистор МП11А	2	
Т3	Транзистор 2Т312Б	1	
Т4, Т5	Транзистор МП11А	2	

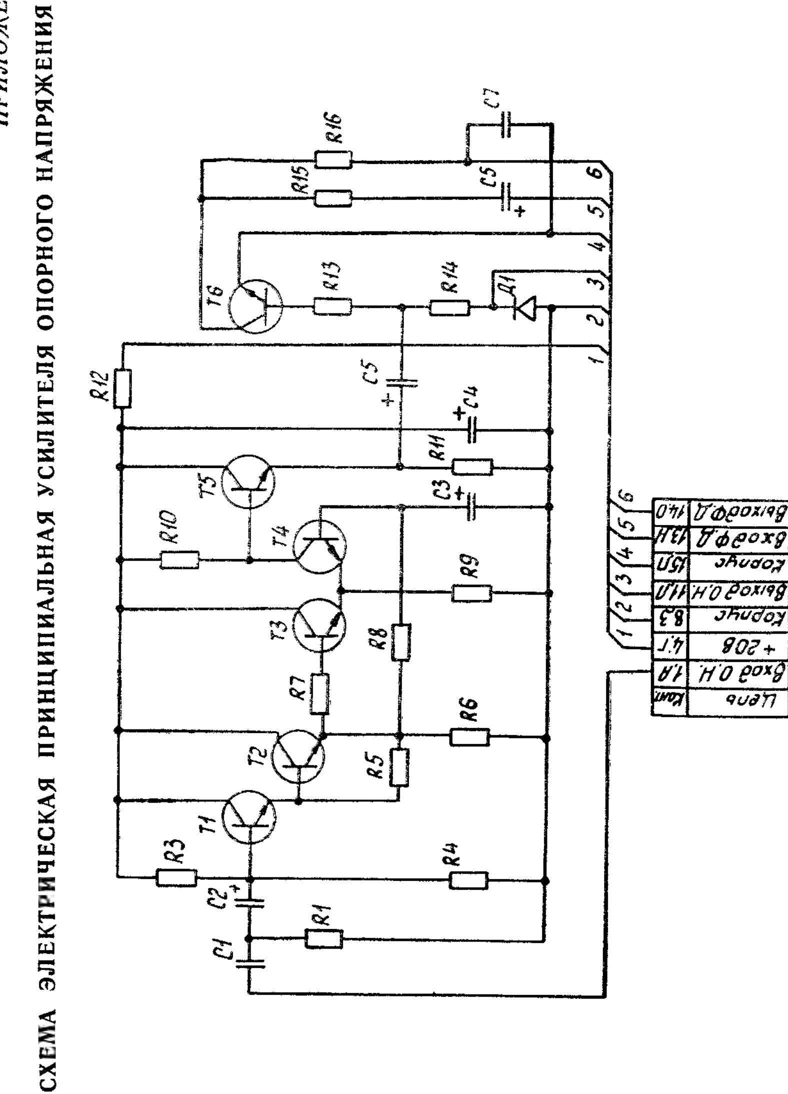
СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ УСИЛИТЕЛЯ НЧ АПЕРИОДИЧЕСКОГО



Перечень элементов схемы электрической принципиальной усилителя опорного напряжения

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
R1	Резистор ОМЛТ-0,25-51 кОм±10%	1	
R3, R4	Резистор ОМЛТ-0,25-47 кОм±10%	2	
R5	Резистор ОМЛТ-0,25-10 кОм±10%	1	
R6	Резистор ОМЛТ-0,25-1,2 кОм±10%	1	
R7 ... R11	Резистор ОМЛТ-0,25-2,2 кОм±10%	5	
R12	Резистор ОМЛТ-0,25-620 Ом±5%	1	
R13 ... R15	Резистор ОМЛТ-0,25-1 кОм±10%	3	
R16	Резистор ОМЛТ-0,25-2,2 кОм±10%	1	
C1	Конденсатор КМ-5б-Н90-0,15 мкФ изолированный	1	
C2	Конденсатор К50-6-I-16 В-5 мкФ	1	
C3	Конденсатор К50-6-II-16 В-200 мкФ	1	
C4	Конденсатор К50-6-II-25 В-200 мкФ	1	
C5, C6	Конденсатор К50-6-II-16 В-200 мкФ	2	
C7	Конденсатор К50-6-I-10 В-20 мкФ НП	1	
Д1	Диод полупроводниковый Д9Ж	1	
T1	Транзистор 2Т312Б	1	
T2	Транзистор МП11А	1	
T3 ... T5	Транзистор МП11А	3	
T6	Транзистор 2Т312Б	1	

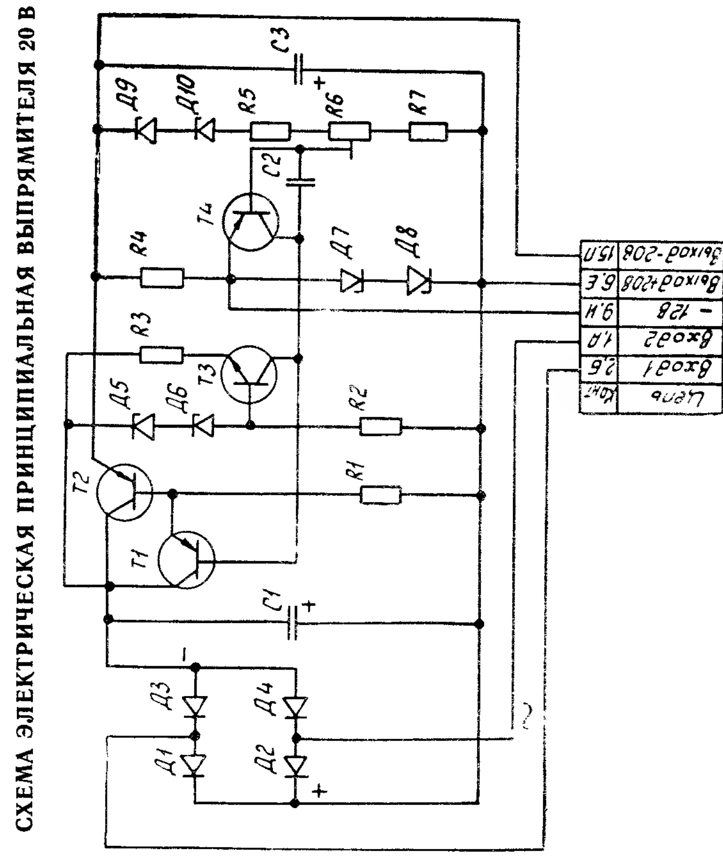
СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ УСИЛИТЕЛЯ ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ



Перечень элементов схемы электрической принципиальной выпрямителя 20 В

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
R1	Резистор ОМЛТ-0,25-6,8 кОм±10%	1	
R2	Резистор ОМЛТ-0,5-5,6 кОм±10%	1	
R3	Резистор ОМЛТ-0,25-820 Ом±10%	1	
R4	Резистор ОМЛТ-0,25-1,2 кОм±10%	1	
R5	Резистор ОМЛТ-0,25-180 Ом±5%	1	
R6	Резистор СП5-14 680 Ом	1	
R7	Резистор ОМЛТ-0,25-1 кОм±5%	1	
C1	Конденсатор К50-6II-50 В-200 мкФ	1	
C2	Конденсатор КМ-5б-Н90-0,1 мкФ изолированный	1	
C3	Конденсатор К50-6II-25 В-200 мкФ	1	
Д1 ... Д4	Диод полупроводниковый Д237А	4	
Д5, Д6	Диод полупроводниковый Д814А	2	
Д7, Д8	Диод полупроводниковый 2С168А	2	
Д9, Д10	Диод полупроводниковый Д814А	2	
T1	Транзистор МП20	1	
T2	Транзистор П214А	1	
T3	Транзистор 2Т312Б	1	
T4	Транзистор МП20	1	

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ВЫПРЯМИТЕЛЯ 20 В



СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕРИТЕЛЯ Е7-11

Тр.2
С4
С1
ЕЭ3.215.008 У5
ЕЭ2.210.073 У4
ЕЭ2.032.419 У3
ЕЭ2.032.418 У2
ЕЭ2.032.417 У1
ЕЭ4.254.047
В1
В2
С6
С7
ЕЭ3.222.007
В1
R1
ИП1

Рис. 1. Вид сверху

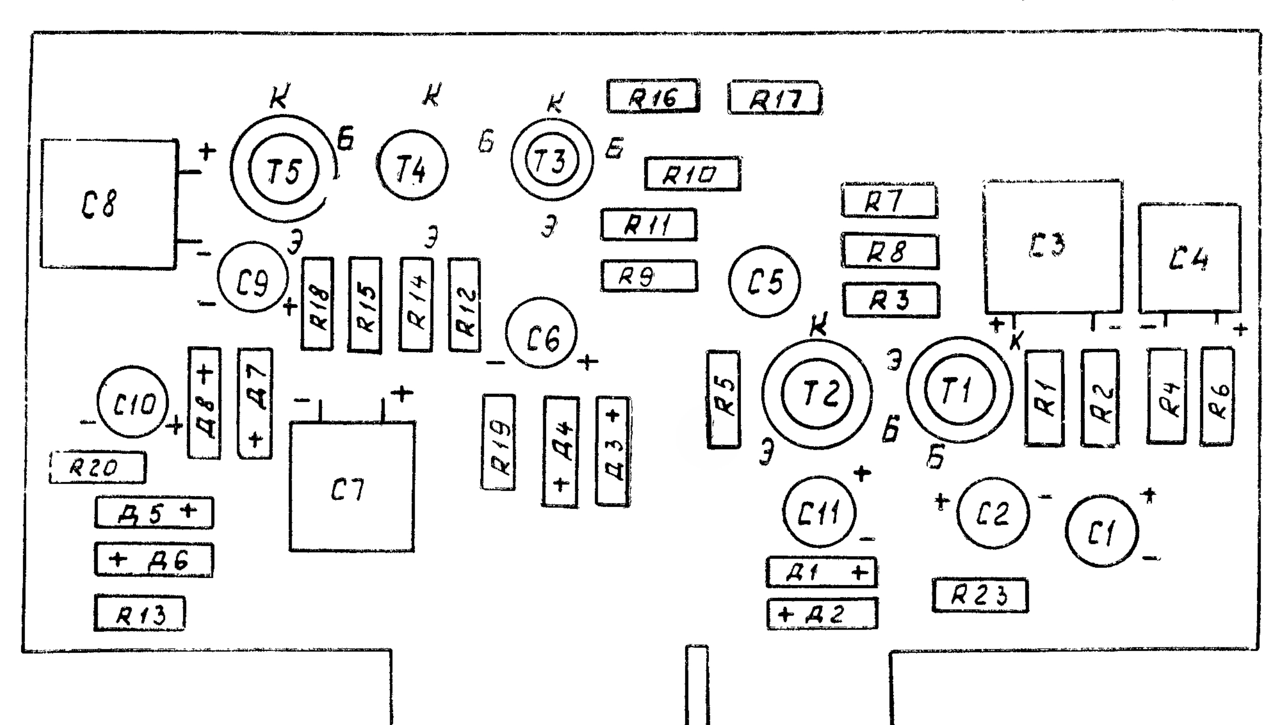


Рис. 6. Усилитель НЧ апериодический

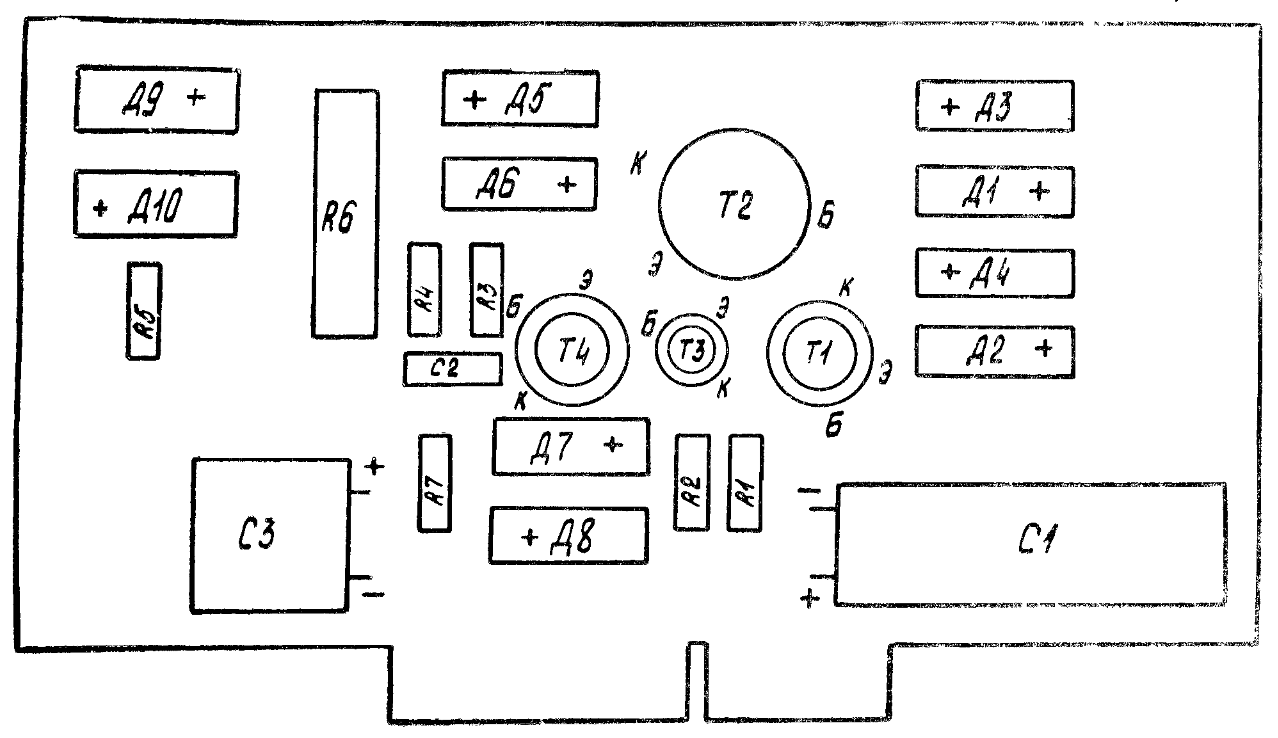


Рис. 7. Выпрямитель 20 В

Т1
C3
R1
R2
R3
C1
Т2
C2
R4
R5
Д2
Д1

Рис. 8. Плата выпрямителя 1 В

СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И НАМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ И КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Провод ПЭТВ
Тип намотки — виавал
Подстроечник стержневой М1500 НМЗ-2 П4,2×17
Чашка М200 НМ1-16 Б30

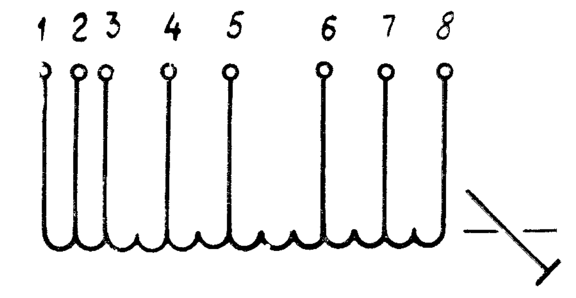
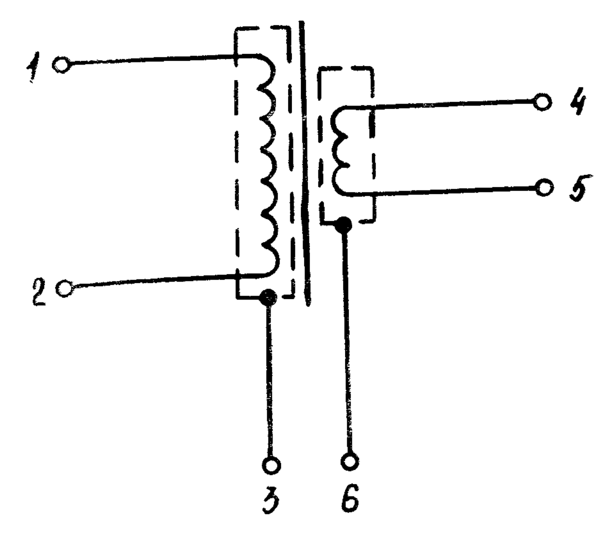


Рис. 1. Схема электрическая и данные намотки катушки индуктивности

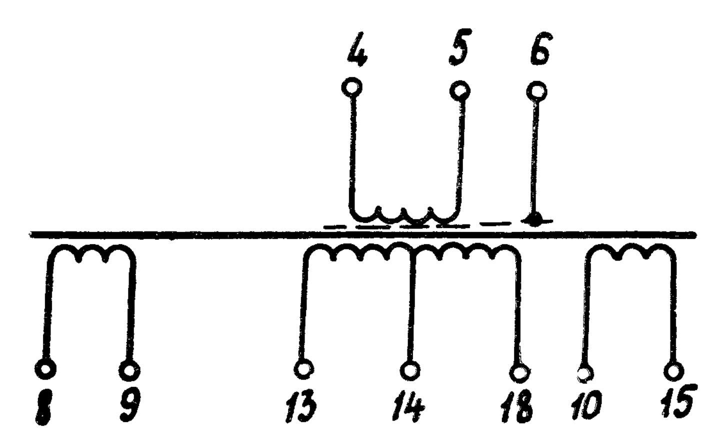
Номера выводов	Количество витков	Диаметр провода, мм
1—2	10	0,1
1—3	20	0,1
1—4	250	0,1
1—5	487	0,1
1—6	2550	0,1
1—7	2650	0,1
1—8	2750	0,1



Провод ПЭТВ
Чашка М200 НМ-15 Б36
Тип намотки — рядовая

Рис. 2. Схема электрическая и данные намотки трансформатора

Номера выводов	Количество витков	Диаметр провода, мм
1—2	600	
4—5	200	



Провод ПЭТВ
Магнитопровод ШЛ 12×20 Э340-015
Тип намотки — рядовая

Рис. 3. Схема электрическая и данные намотки трансформатора

Номера выводов	Количество витков	Диаметр провода, мм
4—5	2845	0,15
8—9	341	0,27
13—14	64	0,41
14—18	64	0,41
10—15	46	0,35

Таблица режимов по постоянному току

Обозначение по схеме	Напряжение, В		
	Коллектор	Эмиттер	База
УНЧ резонансный			
T1 — МП11А	+7,8	+3,4	+3,5
УНЧ апериодический			
T1 — МП11А	+12,2	+7,6	+8*
T2 — МП11А	+8,4	+4,4	+4,5
T3 — 2Т312Б	+11	+2,6	+3
T4 — МП11А	+6,4	+2,4	+2,5
T5 — МП11А	+11	+6,2	+6,4
Усилитель опорного напряжения			
T1 — 2Т312Б	+13	+5,6	+6,2
T2 — МП11А	+13	+5,4	+5,6
T3 — МП11А	+13	+5,2	+5,3
T4 — МП11А	+10,2	+5,2	+5,3
T5 — МП11А	+13	+10	+10,2
T6 — 2Т312Б	—	0	—1,5
Генератор			
T1 — 2Т312Б	+14	+3,2	+3,6
T2 — МП11А	+14	+7	+7,1
T3 — МП20	0	+7	+6,9
T4 — МП11А	+13,8	+7,5	+7,6
T5 — МП20	+0,2	+7	+6,9
Выпрямитель 20 В			
T1 — МП20	—11*	—0,3	—0,4
T2 — П214А	—11*	0	—0,3
T3 — 2Т312Б	—0,4	—10*	—10*
T4 — МП20	—0,4	+6,5	+6,4
Плата выпрямителя 1 В			
T1 — МП20	—4,8	—1,5	—1,6
T2 — П214А	—4,8	—1	—1,5

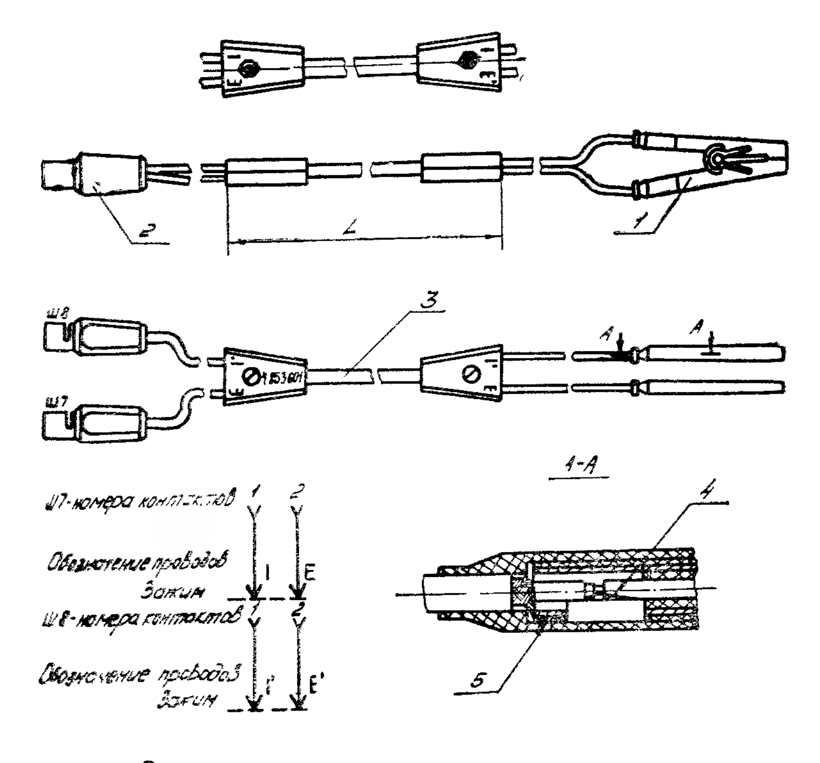
Примечания: 1. Перед измерением необходимо установить тумблер «СЕТЬ» в положение «ВКЛ.».

2. Все измерения проводятся относительно корпуса вольтметра типа В7-15.

3. Отклонение измеренных величин от указанных в таблице не должны превышать ±(0,2 U±0,4 В), где U — измеренное значение напряжения, указанное в табл.

4. * Отклонение измеренных величин от указанных в таблице может достигать ±30%.

КАБЕЛЬ СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ



Элементы конструкции и схема распайки кабеля соединительного:

1 — зажим; *2* — штеккер; *3* — провода МГШВЭВ 0,35 (скручены между собой с шагом 30—50 мм равномерно без перехлестывания на участке L); *4* — место пайки центральной жилы провода в зажиме; *5* — место пайки экрана провода в зажиме

Линия отреза

УВАЖАЕМЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ!

Изготовитель просит дать Ваш отзыв о работе измерителя, заполнив и отправив «Карточку» в адрес отраслевого отдела качества с копией в наш адрес.

КАРТОЧКА ОТЗЫВА ПОТРЕБИТЕЛЯ

Карточка отзыва потребителя возвращается изготовителю не позднее одного года с момента получения (эксплуатации) измерителя.

1. Тип изделия: Измеритель *L*, *C*, *R* универсальный Е7-11
2. Заводской номер измерителя ______________
3. Дата выпуска ______________
4. Получатель и дата получения измерителя ______________
5. В каком состоянии измеритель поступил к Вам, были ли замечены какие-либо дефекты по причине некачественной упаковки или изготовления ______________
6. Когда и какой ремонт или регулировку потребовалось производить за время работы измерителя ______________
7. Какие элементы приходилось заменять ______________
8. Результаты проверки технических характеристик измерителя и соответствие их паспортным данным ______________
9. Предъявлялись ли рекламации поставщику ______________
10. Сколько времени измеритель работал до первого отказа (в часах) ______________
11. Насколько удобно работать с измерителем в условиях Вашего предприятия ______________
12. Ваши пожелания о направлениях дальнейшего совершенствования (модернизации) измерителя ______________
13. Сколько времени измеритель наработал (суммарное время в часах) с момента его получения до заполнения карточки отзыва ______________

Подпись______________ „____“ ______________198 г.

Оборотиая сторона карточкн отзыва потребнтеля

1. Адрес НИИРИТ, г. Каунас, служба отраслевого отдела качества.

2. Адрес предпрнятня-нзготовителя: 182109, Псковская обл., г. Великне Луки, п/я А-1333.

Линия отреза

УВАЖАЕМЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ!

Изготовитель просит дать Ваш отзыв о работе измерителя, заполнив и отправив «Карточку» в адрес отраслевого отдела качества с копией в наш адрес.

КАРТОЧКА ОТЗЫВА ПОТРЕБИТЕЛЯ

Карточка отзыва потребителя возвращается изготовителю не позднее одиого года с момента получеиия (эксплуатацин) измерителя.

1. Тип изделия: Измеритель *L*, *C*, *R* универсальный Е7-11
2. Заводской иомер измерителя ____________
3. Дата выпуска ____________
4. Получатель и дата получения измерителя ____________
5. В каком состоянии измеритель поступил к Вам, были ли замечены какие-либо дефекты по причине некачественной упаковки или изготовления ____________
6. Когда и какой ремоит или регулировку потребовалось производить за время работы измерителя ____________
7. Какие элементы приходилось заменять ____________
8. Результаты проверки технических характеристик измерителя и соответствие их паспортным даниым ____________
9. Предъявлялись ли рекламации поставщику ____________
10. Сколько времени измеритель работал до первого отказа (в часах) ____________
11. Насколько удобно работать с нзмерителем в условиях Вашего предприятия ____________
12. Ваши пожеланния о направлениях дальнейшего совершеиствоваиия (модериизации) измерителя ____________
13. Сколько времеии измернтель наработал (суммарное время в часах) с момента его получеиия до заполнения карточки отзыва ____________

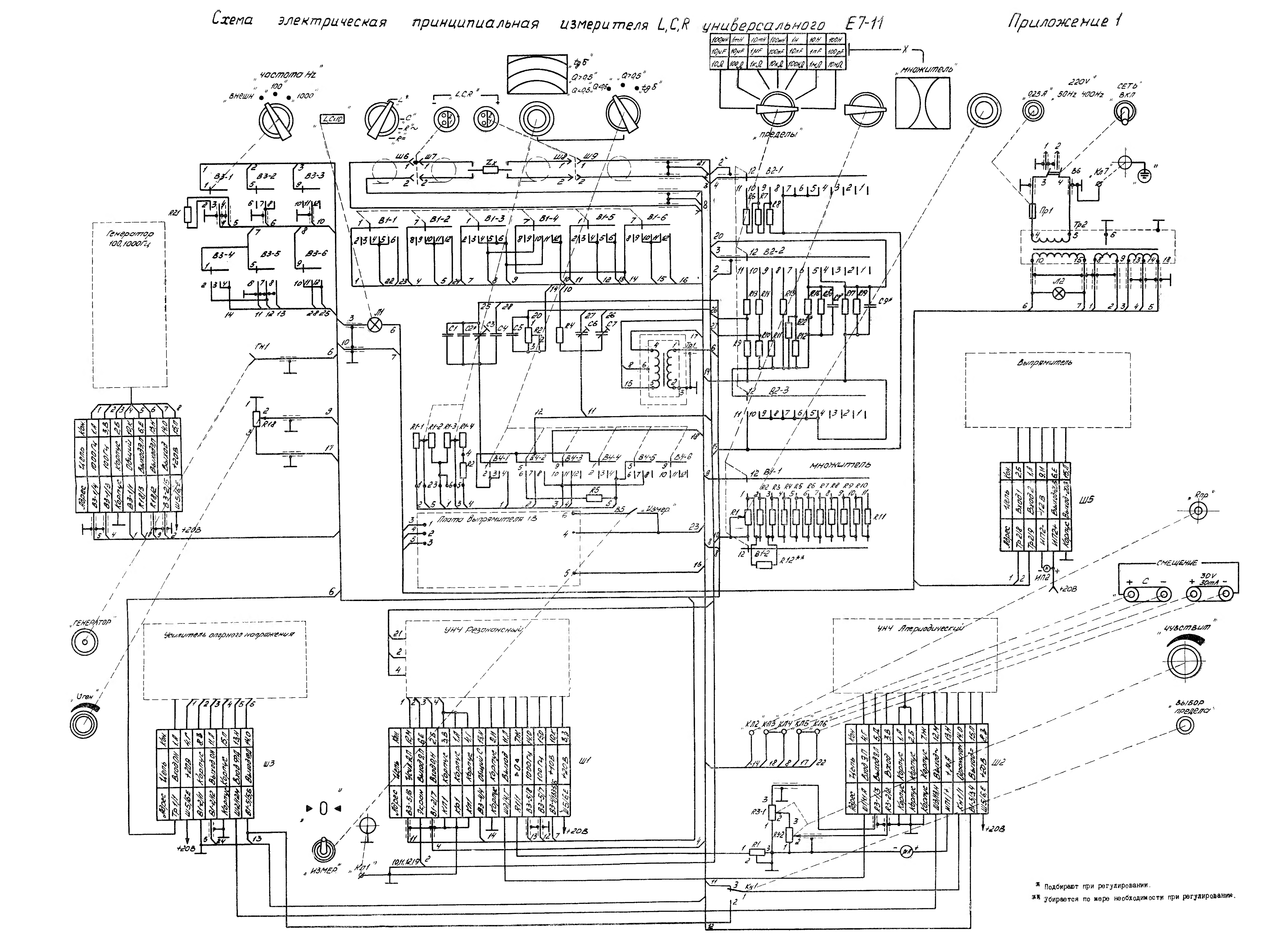
Подпись ____________ „_____" ____________198 г.

Оборотная стороиа карточкн отзыва потребителя

1. Адрес НИИРИТ, г. Каунас, служба отраслевого отдела качества.

2. Адрес предприятия-изготовителя: 182109, Псковская обл., г. Великие Луки, п/я А-1333.

СОДЕРЖАНИЕ



* Подбирают при регулировании.

** Убирается по мере необходимости при регулировании.

ВКЛАДЫШ

к техническому описанию Е7-11

Имеется	Должно быть
Стр.4, 17 строка сверху	
... 9486-69 ...	... 9486-79 ...
Стр.4, 21 строка сверху	
2.1. Рабочие частоты ...	2.1. Нормальные частоты ...
Стр.4, 19 строка снизу	
2.2. ...прибора соответствует данным...	2.2. ...прибора и нормальные частоты соответствуют данным ...
Стр.4, 3 строка снизу	
...не превышает $\pm 0{,}02\,(1+\frac{1}{Q})L+0{,}3$ мкГ, а дополнительная погрешность на превышает $\pm 0{,}01\,(1+\frac{1}{Q})L+0{,}15$ мкГ ...	...не превышает $\pm(2+\frac{40}{L}+\frac{1}{Q})\%$, а дополнительная погрешность не превышает $\pm(1+\frac{20}{L}+\frac{0{,}5}{Q})\%$ ...

Стр.5, таблица 1

Имеется	Должно быть
Рабочая частота	Нормальная частота

Должно быть

Стр.7. Вместо табл.3

Измеряемая величина	Пределы измерения	Номер поддиапазона			Основная погрешность
		0	100 Гц	1000 Гц	
Емкость при $Q \geq 1$ или при $tg\,\delta \leq 0{,}1$	0,5-1000 пФ;	-	7	6-7	$\pm(1+\frac{20}{C})\%$
	1000 пФ - 10 мкФ;	-	3-6	2-5	$\pm 1\%$
	10-1000 мкФ	-	1-2	1	$\pm 2\%$
Емкость при $Q < 1$	0,5-1000 пФ;	-	7	6-7	$\pm(1+\frac{20}{C}+\frac{1}{Q})\%$
	1000 пФ - 10 мкФ;	-	3-6	2-5	$\pm(1+\frac{1}{Q})\%$
	10-1000 мкФ	-	1-2	1	$\pm(2+\frac{1}{Q})\%$
Индуктивность при $Q \geq 1$ или пра $tg\,\delta \leq 0{,}1$	0,3-100 мкГ;	-	1	1	$\pm(2+\frac{10}{L})\%$
	100 мкГ - 10 Г;	-	1-5	2-6	$\pm 1\%$
	10-1000 Г	-	6-7	7	$\pm 2\%$
Индуктивность пра $Q < 1$	0,3-100 мкГ;	-	-	1	$\pm(2+\frac{10}{L}+\frac{1}{Q})\%$
	100 мкГ- 10 Г;	-	1-5	2-6	$\pm(1+\frac{1}{Q})\%$
	10-1000 Г	-	6-7	7	$\pm(2+\frac{1}{Q})\%$
Сопротивление	0,1-10 Ом;	1	1	1	$\pm(2+\frac{2}{R})\%$
	10 Ом - 1 МОм;	2-6	2-5	2-6	$\pm(1+\frac{2}{R})\%$
	1-10 МОм	7	7	-	$\pm(2+\frac{2}{R})\%$

Должно быть

Стр.7. Вместо табл.3

Измеряемая величина	Пределы измерения	Номер поддиапазона			Основная погрешность
		0	100 Гц	1000 Гц	
Добротность	0,1 - 30	-	1-7	1-7	$\pm$ (10 + 0,5Q)%
Тангенс угла потерь	0,005 - 0,1	-	1-7	1-7	$\pm$ (0,1$tg\delta$ + $5\cdot10^{-3}$)

Имеется	Должно быть

Стр.6, таблица 2

Имеется:

Поддиапазон	Сопротивление	Емкость	Индуктивность
	Рабочая частота, Гц	Рабочая частота, Гц	Рабочая частота, Гц

Должно быть:

Поддиапазон	Сопротивление	Емкость	Индуктивность
	Нормальная частота, Гц	Нормальная частота, Гц	Нормальная частота, Гц

Стр.8

Имеется	Должно быть
3. Погрешности ... и меньше 0,100 2.7. Чувствительность ...	3. Погрешности ... и меньше 0,100. 4. В формулах основной погрешности, приведенных в таблице 3, числовые значения измеряемых сопротивлений выражаются в Омах, емкостей в пикофарадах, индуктивностей - в микрогенри. 2.7. Чувствительность ...

Имеется	Должно быть
Стр.18, 12 строка снизу	
...R12 с конденсатором C9 и резистор R13 с конденсатором C10 образуют...	...R12 с конденсатором C8 и резистор R13 с конденсатором C9 образуют ...
Стр.22, 12 строка снизу	
8-$\mathcal{V}_{ген}$. Потенциометр R18 производит регулировку напряжения генератора 9-«⏚», клемма защитного заземления	9-$\mathcal{V}_{ген}$. Потенциометр R18 производит регулировку напряжения генератора 8-«⏚», клемма защитного заземления
Стр.37, 11 строка сверху	
...не превышает $\pm$[0,02 (1 + 1/Q) + + 0,3 мкГ],	...не превышает $\pm$(2 + 40/L + 1/Q)%,
Стр40, 9 строка снизу	
Настоящий раздел составлен в соответствии с требованиями инструкции комитета стандартов Госстандарта СССР по поверке мостов переменного тока 192-62, устанавливает...	Настоящий раздел устанавливает ...
Стр.45, 15 строка снизу	
Определение этой погрешности производится методом раздельной поверки в соответствии с п.3.7. инструкции 192-62 по поверке мостов переменного тока Госстандарта СССР.	Определение этой погрешности производится методом поэлементной поверки.
Стр.50, 3 строка снизу	
...указанные в табл.12. Закончив эту проверку прибора ,...	...указанные в табл.12. Определение действительного сопротивления плеча сравнения. Проверка производится в следующем порядке: переведите переключатель "$L, C, R_{=}, R_{\sim}$" в положение $R_{\sim}$;

Имеется	Должно быть

Стр.50, 3 строка снизу

Должно быть:

один из зажимов кабеля ЕЭ4.853.426, подсоедините к клемме "$R_{пр}$", а второй к клемме "СМЕЩЕНИЕ +30В, 30мА";

подсоедините зажим "−" прибора Е7-8 к клемме защитного заземления ⊕ прибора Е7-11, а зажим "+" к общему выводу кабеля ЕЭ4.853.426 (корпусной зажим прибора Е7-8 должен быть отсоединен от прибора Е7-11);

Измерьте прибором Е7-8 сопротивление плеча сравнения.

Измеренное значение должно быть в пределах 99,8-100,4 Ом.

Закончив эту проверку прибора,...

Стр.52

Имеется:

Условный номер	Рабочая частота, Гц

Должно быть:

Условный номер	Нормальная частота, Гц

Стр.57,58

Имеется:

Рабочая частота, Гц	

Должно быть:

Нормальная частота, Гц	

Стр.64

Имеется			Должно быть		
С6	Конденсатор К71-4-1,0мкФ±10%	1	С5	Конденсатор МБМ-100В-1,0мкФ±10%	1

Стр.53

Имеется:

$\Delta C = C_{изм} - C$; (15)

$\Delta C = C_{изм} - C(1+tg^2\delta)$ для меры 6 (16)

Должно быть:

$\delta C = \frac{C_{изм} - C}{C} \%$ (15)

$\delta C = \frac{C_{изм} - C(1+tg^2\delta)}{C(1+tg^2\delta)}$ для меры 6 (16)

Имеется	Должно быть

Стр.54

Имеется:

$\Delta L = L_{изм} - L$; (19)

$\Delta R = R_{изм} - R$; (20)

Должно быть:

$\delta L = \frac{L_{изм} - L}{L} \%$ (19)

$\delta R = \frac{R_{изм} - R}{R} \%$ (20)

Стр.8

Имеется:

2.16. Масса ...

Должно быть:

2.16. Масса ...

2.17. По требованиям электробезопасности прибор удовлетворяет нормам ОСТ4.275.003-77, класса защиты 01.

Стр.25

Имеется:

7.2. Перед включением ... корпуса прибора.

Должно быть:

7.2. Перед включением прибора в сеть и подсоединением к нему других устройств необходимо соединить зажим защитного заземления ⏚ прибора с зануленным зажимом питающей сети. Отсоединение защитного заземления от зануленного зажима питающей сети производится только после всех отсоединений.

При проведении измерений, при обслуживании и ремонте, в случае использования прибора совместно с другой аппаратурой или включения его в состав установок необходимо для выравнивания потенциалов корпусов соединить между собой соединенные с корпусом клеммы всех приборов ("⊥").